

*Eit kritisk innblikk i framveksten av
dagens fjernvarmebransje*

Sett i lys av institusjonell teori og termodynamikk

MSc in Innovation and Entrepreneurship

Trygve Toft-Eriksen

16.05.14



HØGSKOLEN
I BERGEN

BERGEN UNIVERSITY COLLEGE

Referanseside med samandrag og bibliografiske opplysingar

Tittel:	Eit kritisk innblikk i framveksten av dagens fjernvarmepraksis.	Levert dato: 16.05.2014
Forfattar:	Trygve Toft-Eriksen	Tal på sider for hovuddel: 42 Tal på sider med vedlegg: 55
Rettleiarar:	Jarle Aarstad og Ragnar Gjengedal.	
Mastergrad:	Master of Science in Innovation and Entrepreneurship.	
Studieobjekt:	Lovdanninga og lovverk relatert til fjernvarme, og vedtaksprosessen ved utbygginga av fjernvarme i Bergen.	
Metodeval:	Kvalitativ case- og tekststudie.	
Samandrag: Fjernvarmeanlegg blir i notid bygd ut med løysingar for energigjenvinning som er suboptimale for bevaring av energikvalitet. Korleis kan vedtaka og prioriteringane som har forma dagens praksis, forklarast rasjonelt, politisk og institusjonelt? Funna i denne oppgåva peikar på at utreiingane rundt lovverket og vedtektene for dei tekniske løysingane manglar grunnfeste i dei termodynamiske lovane. Mangelen på kunnskap eller kjennskap til desse, samt for lite fokus på energiutnytting i tidleg fase av lovforminga og utviklinga av bransjen, er faktorar som tilsynelatande påverka utviklinga av utbyggingspraksisen. Denne samanhengen kan forklarast ut frå regulative, kognitive og normative institusjonelle mekanismar. Funna i denne oppgåva peikar på dette som opphav til fråværet av kopling av energilovgjevinga til termodynamiske lovar, noko som bransjen har måtta forholde seg til og som medfører manglande føringar for utbygging i notid. Ein annan faktor Noregs vassdrags- og energidirektorat, NVE, peika på, er rolla fjernvarme var tiltenkt som sikring av forsyningstryggleiken. Innverkinga av desse momenta gjer at me i dag har ein fjernvarmebransje som gjer sitt beste ut frå dagens praksis utan at det blir stilt spørsmål til om dette er den optimale løysinga for energigjenvinning. Skal ein få ut energigjenvinningspotensialet i framtidige fjernvarmeanlegg, må ein utvikla ei ny løysing som er tufta på termodynamiske lovar frå grunnen av.		
Stikkord for bibliotek: fjernvarme, Energiloven, institusjonell teori, termodynamikk, vedtaksprosess, institusjonelle mekanismar.		

Forord

Arbeidet med masteroppgåva markerar slutten på den 17 år lange epoken med skulegang. Det er med glede og forventning eg set punktum for dette arbeidet. Eg er stolt over innsatsen min og arbeidet eg har lagt ned, men har mange å takka for hjelp og vegleiing. Gud skal ha all ære for denne oppgåva og for all hjelp frå personane som følgjer.

Eg vil takka Jarle Aarstad som har vore min hovudvegleiar, for gode innspel og rettleiande tilbakemeldingar undervegs. Ragnar Gjengedal vil eg takka for idé til oppgåva og inspirasjon tidleg i prosessen. Spesielt vil eg takka Norbert Lümmer for eit brennande engasjement for oppgåva mi og for lynraske og gode tilbakemeldingar til ei kvar tid. Elles vil eg takka Eli Toft-Eriksen og Johannes Aadland for korrekturlesing, og klassa mi for god atmosfære på lesesalen og tips i den avsluttande skriveprosessen.

Liste over tabellar

Tabell 1. Oversikt over kva for personar eg har vore i kontakt med, og kva kontakten har driedd seg om.	13
Tabell 2. Oversikt over avfallsmengd og energipotensiale (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, figur 6. s.8).....	25
Tabell 3. Tidslinje for vedtak og hendingar vedrørande utbygginga av fjernvarme i Bergen. 31	
Tabell 4. Energibalansen til den samla norske fjernvarmen i år 2012 (Statistisk Sentralbyrå 2014).	35
Tabell 5. Forklaring av kurvene i Figur 4.	47

Figurliste

Figur 1. Illustrasjon av effektbehovet i fjernvarmenett med variasjon over året. T representerar energitapet som oppstår når energigjenvinninga frå avfallsforbrenninga er større enn effektbehovet (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.9).	26
Figur 2. Oversikt over avfallshandsaming med energigjenvinning i form av fjernvarmeproduksjon (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.16).....	27
Figur 3. Oversikt over avfallshandsaming med energigjenvinning i form av produksjon av el-kraft (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, 11. s.17).....	27
Figur 4. Skisse av energibalansen basert på BKK Varmer sine tal for år 2013 (Haaland 2014).	47

Innholdsliste

Liste over tabellar	IV
Figurliste	IV
1. Innleiing	1
Bakgrunn	1
Føremål.....	2
Problemstilling.....	2
Disposisjon	2
Norsk fjernvarme sett i det store bildet	3
2. Teori	5
Innleiing.....	5
Innføring i relevante termodynamiske lovar og prinsipp.	5
Institusjonar og institusjonell teori.....	7
3. Metode.....	10
Introduksjon.....	10
Val av metode	10
Gjennomføring.....	12
Reliabilitet	15
Validitet	16
4. Tekststudie av arkivdata frå lov- og forskriftsdanninga relatert til fjernvarmeutbygging og –drift, frå år 1976 til år 1990	17
Innleiing og oversikt over innhald	17
Energiloven sitt opphav og innhald	17
Forurensingsloven og utforminga i forkant	20
Avfallsforskriften	21
5. Case: BIR Avfallsenergi og BKK Varme sitt fjernvarmeanlegg.....	23
Introduksjon.....	23

Avgjerdsprosessen rundt den beste løysinga på avfallsproblemet.....	23
Prosessen med utforming av avfallsforbrennings- og fjernvarmeanlegget	31
6. Oppsummering og avsluttande diskusjon.....	34
Oppsummering.....	34
Dagens og morgondagens fjernvarmepraksis	36
7. Avgrensingar for oppgåva og forslag til vidare forskning	39
Avgrensingar.....	39
Vidare forskning	40
Ettertanke.....	40
8. Konklusjon	41
9. Appendiks 1. Grunnleggjande teori for termodynamikk.....	42
Termodynamikken sin første lov	42
Termisk verknadsgrad	42
Termodynamikken sin andre lov	43
Carnot-verknadsgrad	43
Energieffektivitet ved kogenerering.....	44
Energikvalitet.....	44
Andre lov si verknadsgrad.....	45
COP og arbeidspotensiale.....	46
10. Appendiks 2. Kurve for energibalansen gjennom år 2013 for BKK Varme	47
11. Kjeldeliste.....	48

1. Innleiing

Bakgrunn

I år 1980 var det fem fjernvarmeanlegg i drift i Noreg. Anlegget på Søndre Norstrand var det einaste som nytta avfall som energikjelde, i tillegg til energikjeldene olje- og el-kjel som òg vart nytta ved dei andre anlegga. Interesseorganisasjonen Norsk Fjernvarme vart stifta i år 1981, og planar for utbygging av nye 12 fjernvarmeanlegg var klare. Dette kom fram i Norske offentlege utreiingar 1981:36; Fjernvarme –Lov om bygging og drift, som Energilovutvalet gjorde offentlig som sitt første arbeid (Haukvik m.fl. 1981, s.12-13). Energiloven av 29. juni 1990, med det fullstendige namnet; Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m., kom med overordna retningslinjer utan å setja ein standard for teknisk utforming av fjernvarmeanlegg. Føremålet med lova var å sikra ein ”Samfunnsmessig rasjonell utnyttelse av kraftressursene”, der ”hensynet til riktig ressursbruk i produksjon og fordeling av energi” stod sentralt (Noreg 1989). Fjernvarmen fekk gjennom dette eit rammeverk med leveringsplikt og tilknytingsplikt som skulle sikra føreseieleg drift for utbyggaren og trygg leveranse for kunden. Tekniske retningslinjer og krav til energigjenvinning vart likevel ikkje spesifisert, og dermed fekk utbyggjarane ansvaret for å forma ein beste praksis (Noreg 1989).

I år 1990 fekk Bergenområdets Interkommunale Renovasjonsselskap, BIR, konsesjon til å bygga eit forbrenningsanlegg som fekk handsama 90.000 tonn avfall i året (Statens Forurensingstilsyn 1995). Anlegget som vart bygd skulle løysa problemet med opphoping av søppel, samt nytta 30% av energien frå søppelet ved el-produksjon. Gjennom driftstillatinga kom det eit uføresett krav frå Statens Forureiningstilsyn, SFT, om at minst 50% av energien måtte utnyttast for at konsesjonen skulle gjelda. Dermed vart Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap, BKK, engasjerte i prosjektet for å bygga ut fjernvarme i Bergen for å nytta varmtvatn frå anlegget, og med det auka utnyttingsgrada av energi til over 50% (Haaland 2014). Med denne utbygginga låste BIR seg til å levera varmtvatn framfor å kunne produsera mest mogleg elektrisitet, noko som prinsipielt går i mot termodynamiske prinsipp om energigjenvinning.

I denne oppgåva vil eg gje eit innblikk i kva som har forma den norske fjernvarmebransjen, og kva for institusjonelle mekanismar som har verka inn. Hovudsakleg vil eg fokusera på fjernvarmeutbygginga i Bergen og dei tilhøyrande vedtaksprosessane og vurderingane som låg til grunn. Som analyseverktøy vil eg bruka institusjonell teori, som forklarar kollektive

handlingar ved regulative, normative og kognitive mekanismar (Scott 2013). Termodynamiske lovar og prinsipp ligg til grunn for problemstillinga for oppgåva. Eg vil diskutera energigjenvinning og energikvalitet ut frå dette. Målet med det er å sjå på manglar gjennom utviklinga av bransjepraksisen, og kva som har resultert i fjernvarmeanlegget me har i Bergen i dag.

Føremål

Føremålet med oppgåva er å forklara dagens praksis for fjernvarmeanlegg i Noreg, ved analyse av danninga av relevant lovverk, samt utbygginga av fjernvarme i Bergen. Gjennom å nytta institusjonell teori vil eg definera partane i og rundt fjernvarmebransjen, og sjå nærmare på kva institusjonelle rollar og mekanismar har hatt å seia for utviklinga av dagens praksis. Med grunnfeste i relevant termodynamikk vil eg grunngje kvifor dagens praksis ikkje er optimal i høve til energigjenvinning. Gjennom tekststudie av arkivdata vil eg ved framlegg av empiri skildra vedtaksprosessane og visa den gjennomgåande mangelen av termodynamikkfagleg dokumentasjon i lovdanningsprosessen. Ved gjennomføring av ein casestudie om utbygginga av fjernvarme i Bergen vil eg gje eit konkret døme på korleis manglar vart vidareførte til utbyggjar, og danna grunnlag for dagens praksis. Avslutningsvis vil eg ta opp tydinga dette har på dagens praksis, samt rollefordeling og ansvar for dei involverte partane i det å sikra energioptimale løysingar. I diskusjonen skal eg setja lys på grunnlaget for avgjerslene, og diskutera om irrasjonalitet i avgjerslene kan forklarast med institusjonelle mekanismar eller manglande medvit.

Problemstilling

Korleis kan dagens praksis for fjernvarmeanlegg forklarast ut frå føreliggjande lovdanning og bransjeutvikling, og i kva grad skuldast dette institusjonelle mekanismar eller mangel på fagkunnskap?

Disposisjon

I neste kapittel vil eg mala eit større bilete for å plassera fjernvarmeteknologien og den norske fjernvarmebransjen i eit historisk- og eit internasjonalt perspektiv. Gjennom framlegging av institusjonell teori vil eg gje lesaren av oppgåva eit innblikk i relevant faglitteratur, og med det presentera analyseverktøy eg har nytta i oppgåva. I tillegg følgjer ei kort innføring i relevante termodynamiske lovar og prinsipp, som ved empirien skal visa lesaren mangelen på dokumentasjon i utformingsprosessane historisk. Metodedelen skal forklara korleis data er samla inn, samanheng med metode for analyse av data, og visa til validitet og reliabilitet for

innsamlinga av og bruken av data i oppgåva. Tekststudie av lov- og forskriftsdanningsprosessane ved bruk av arkivdata, og ein case om utbygginga av forbrennings- og fjernvarmeanlegget i Bergen utgjer det empiriske materialet i oppgåva i dei neste delane. Diskusjonen av funn startar i desse delane, og samanfatta i ein oppsummerande diskusjon med tilhøyrande konklusjon avsluttingsvis.

Norsk fjernvarme sett i det store biletet

Ideen om å distribuera varme med vatn frå ein stad til ein annan stammar attende til år 1622 ved nederlendaren Cornelius Drebbel. På slutten av det 18. hundreåret selte Benjamin Franklin varme til bygg i Philadelphia, men først om lag hundre år etter vart det første kommersielle fjernvarmeanlegget designa. Det første norske varmeverket, med elektrisitet produsert ved dampturbinar, vart bygd i Oslo i år 1936. Først i år 1950 nyttegjorde det seg av spillvarmen, som vart sendt mellom anna til Oslo rådhus (Fjernvarme 2014).

Fjernvarme er ein form for energidistribusjonssystem der ein varmar opp vatn og/eller damp, som ein ved hjelp av eit røyrnett leverar til forbrukarar i gitt konsesjonsområde. Varmen kan framstillast ved forbrenning av eit brennstoff eller ved hjelp av ein elektrokjel. I Noreg i år 2011 var dei mest brukte energikjeldene som følgjer: avfall, el-kjel, biomasse og omgjevningsvarme generert med varmepumper (Fjernvarme 2014). Når varmen kjem i form av spillvarme frå elektrisitetsproduksjon kallast dette kogenerering. Eit slikt anlegg nyttar varmeenergien betre, ved å ivareta energikvaliteten og dermed auka andelen av verknadsgrad (Çengel and Boles 2007, s.592). Sjå Appendix 1. for forklaring av verknadsgrader og energikvalitet. Denne forma for anlegg er nedprioritert i den norske fjernvarmebransjen.

Globalt sett blir fjernvarme nytta i kalde område, som Nord-Europa, Russland og Nord Amerika, der ein har store varmebehov vinterstid. Norden, med unntak av Noreg, og dei baltiske statane leverar fjernvarme til prosentvis flest av sine innbyggjarar. Island toppar denne statistikken med levering av fjernvarme til over 90% av innbyggjarane. Resterande land i Norden og Baltikum ligg på rundt 60%, medan Noreg leverar til 1-2% av befolkninga. (Euroheat & power 2012). Dette reflekterer ulik tilgang til forskjellige energikjelder i desse landa, og heng saman med rolla fjernvarme har i energidistribusjonen. I Noreg set NVE, som konsesjonsstyresmakt, fokus på fjernvarmen si rolle jamfør forsyningstryggleik, utfasing av oljefyr og bygg med lågt energibehov (Norsk Energi & Therma Consulting Group 2014). Med dette ønskjer ein å sikra energiforsyninga ved straumbrot og minska CO₂-utslepp og luftforureining. Desse momenta er aktuelle for fleire norske byar, og er fruktene av politikk

som har vakse fram ettersom behova på desse områda har vorte tydelege. Framveksten av dagens praksis frå starten rundt år 1980, og kvifor han ikkje er optimal, er det oppgåva skal sjå på. Før dette blir teorien, som ligg til grunn for analysen i oppgåva, og metode for arbeidet med oppgåva presentert.

2. Teori

Innleiing

For å plassera bidraga i ein fagleg kontekst, og innleia påfølgjande diskusjon og konklusjon, inneheld denne delen ei kort innføring i institusjonell teori og relevant termodynamikk. Termodynamikk er sjølve grunnlaget for oppgåva, sidan det i lys av han er grunnlag for å stilla spørsmål ved utnyttinga av energi gjennom fjernvarme ut frå dagens praksis. Derfor vil eg gje ei innføring i relevante termodynamiske lovar og prinsipp som gjer lesaren i stand til å forstå argument og slutningar rundt dei tekniske løysingane.

Innføring i relevante termodynamiske lovar og prinsipp.

Energi kan ikkje oppstå eller forsvinna, derfor heller ikkje produserast, som det blir skriva i termodynamikken sin første lov (Çengel and Boles 2007). Energi kan derimot bytta form, noko som anten frigjer brukbar energi eller som krev tilskot av brukbar energi. Brukbar energi kan definerast som energi som kan brukast til eit bestemt føremål. Døme på dette er forbrenning av avfall som frigjer termisk energi som kan nyttast til oppvarming av vatnet som sirkulerar i fjernvarmenettet. Dersom ein skal danna brennstoffet Hydrogen ved elektrolyse må ein tilføra elektrisk energi. Denne kan til dømes genererast frå vindturbinar, slik det blir gjort på Statoil-Hydro sitt anlegg på Utsira i Rogaland.

Energikvalitet seier noko om kva arbeidspotensiale energiform/-mengd har i ein bestemt situasjon. Arbeidspotensiale, også kalla eksergi, er mål på evna til å utføra eit nyttig arbeid, som til dømes å driva ein motor. Elektrisitet, olje og medium med høg temperatur er døme på former for oppbunden energi med høg kvalitet. Når ein gjer nytte av energien, vil alltid kvaliteten bli redusert. Altså blir energien ikkje forbrukt, slik som det ofte blir sagt, men omforma til ei energiform med lågare kvalitet med mindre arbeidspotensiale. For eksempel har ein bensinmotor ei termisk verknadsgrad på rundt 40%. Mykje av energien som ikkje går med til å flytta bilen, blir overført til omgjevingane i form av varme. Denne varmen er i stor grad "tapt" energi som vanskeleg kan nyttast utover det å varma opp kupeen.

Eit viktig omgrep i denne samanhengen er reversibilitet og motstykket irreversibilitet, som er mål på om ein prosess kan skifta veg utan tap. Til dømes: du er i eit kaldt rom, kokar deg ein kopp te med nykoka vatn som du gløymer å drikka. Etter fleire timar har tevatnet og koppen fått den same temperaturen som lufta i rommet han står i. Dermed har han kome i likevekt med omgjevingane og fått degradert energikvalitet ettersom mykje av energien har gått over i lufta i rommet. Dette er døme på ein irreversibel prosess. Grunnen er at der er umogleg å

henta attende energien som har vorte overført frå tekoppen til lufta i rommet i form av varme tilbake til tekoppen. Løysinga er at du kokar deg ein ny kopp te, og på den måten hevar energikvaliteten til ein tilsvarande dose vatn ved hjelp av elektrisitet til vasskokaren. Dersom du denne gongen drikk teen før han blir kald, og kroppen på den måten kan nyta den tilførte termiske energien, har du ikkje sløst bort energikvaliteten som i første omgang. På den måten har du ikkje gått glipp av det termiske energipotensialet for varmeoverføring til kroppen. Sjølv om begge tilfelle til slutt har som resultat at lufta i rommet får tilført den termiske energien i tekoppen, er det ganske opplagt at nytting av energien med høgast kvalitet tilgjengeleg, ved drikking av den varme teen, er den opplagt mest effektive måten. Dette skildrar innhaldet i termodynamikken sin andre lov. For meir inngåande detaljar om dei termodynamiske lovane, samt relevante døme på dette, sjå Appendiks 1.

Oppvarming er eit føremål som stiller låge kvalitetskrav til energikjelde. Heilt frå oldtida har forbrenning av biobrensel vore nytta som oppvarmingskjelde. I høve til dette har Noreg, sidan me bygde ut vasskrafta, vore i ei særstilling fordi me heile vegen har nytta elektrisitet til oppvarming. Det å bruka ein ressurs ein uansett har tilgang på, er fornuftig, men ut frå termodynamikken er det ei dårleg prioritering. I staden for å bruka elektrisitet til oppvarming er det vera meir fornuftig å nytta energiformer med lågare kvalitet, som til dømes biobrensel. Bruk av lågverdige energikjelder er ein av kongstankane til fjernvarmeutbygginga, og ikkje noko eg vil kritisera i denne oppgåva. Derimot er det ”produksjonssida” til fjernvarmen eg stiller meg kritisk til. Dei termodynamiske lovane og prinsippa tilseier ei anna nytting av energien enn det dagens praksis gjer. I dag er førsteprioritet å ”produsera” varmtvatn til fjernvarmenettet, noko fjernvarmeleverandørane er lovpålagte ved leveringsplikta gjennom Energiloven. Ut frå det eg på førehand har presentert om energikvalitet, er varmtvatn av lågare kvalitet enn elektrisitet. Det vil seia at 1 kWh varmtvatn ikkje har same arbeidspotensiale som tilsvarande energimengd elektrisitet. Derfor burde produksjon av elektrisitet prioriterast, for så å nytta det varme spillvatnet frå dette til oppvarmingsføremål. Til dømes kan ei varmepumpe levera 1,8-4 kWh termisk energi for kvar 1 kWh elektrisk energimengd ho brukar. Faktoren mellom desse to tala kallast effektkoeffisient, årsvarmefaktor, eller coefficient of performance, COP, og varierer ut frå differansen mellom temperaturane inne og ute, ved oppvarming av eit hus (Forbrukerrådet 2013). Sjå Appendiks 1. for nærmare forklaring av COP. Dessutan er elektrisitet ei meir fleksibel energieining som kan brukast direkte til alt og transporterast nesten utan tap. Derfor er det optimale at ein nyttar den frigjorte energien frå forbrenningsvarmen frå avfallet til å generera

så mykje høgkvalitetsenergi som mogleg, i form av elektrisitet. I annan rekke i denne prosessen kan ein bruka spillvatnet frå dampturbinane, brukt til elektrisitetsgenerering, til å nytta den attverande varmeenergien til fjernvarmeføremål. Brukar ein den genererte elektriske energien til å driva varmepumper, vil ein, som nemnt, få ei meir energieffektiv oppvarming enn det som er mogleg med fjernvarme. Derfor burde kogenerering vore standard i den norske fjernvarmebransjen og utbyggingspraksisen.

Institusjonar og institusjonell teori.

Samfunnet me lever i er ein institusjon, og består av mange ulike institusjonar der me som individ inngår som aktørar. Institusjonar kan ha mange former og vera samansette av fleire interne system eller dimensjonar. Sjøforsvaret, venegjengen og kyrkjelyden er døme på institusjonar. Dei har likskapstrekk, men har også store forskjellar når det kjem kva som definerer dei som institusjonar. Scott har kome med følgjande definisjon av institusjonar: *"Institutions comprise regulative, normative and cultural-cognitive elements that, together with associated activities and resources, provide stability and meaning to social life."* (Scott 2013, s.56). Med dette ser me at den samfunnsvitskaplege tilnærminga er meir utdjupande enn den kanskje meir kjente forståinga av offentlege institusjonar, som oftast har fokus på samfunnsoppgåva til institusjonen. Vidare går eg nærmare inn på dei tre dimensjonane, også kalla dei tre søylene; den regulative-, den normative- og den kognitive søyla.

Den regulative søyla er kort oppsummert settet av lovdanning, overvaking –at lovar og reglar blir overhaldne og sanksjonering mot brot av desse (Scott 2013, s.59-64). Her er Sjøforsvaret eit typisk døme, der reglar, retningslinjer og ordrar dominerar det interne livet i institusjonen. Sjølv om der klart er innslag av dei normative og kognitive elementa, er det i botn det regulative systemet som sikrar at den enkelte utfyller si rolle og gjer oppgåvene sine etter ordre. Dersom ein forsømer ordren ein har fått, er skuldkjensle den naturlege effekten. Dette eller ordrenekt har lovbestemte sanksjonar som følgjer (Scott 2013, s.60).

Fjernvarmebransjen høyrer òg heime innunder den regulative søyla. Heilt frå byrjinga rundt år 1980 har utbyggjarar av fjernvarmeanlegg måtta forhalda seg til norske lovar og forskrifter. Lovane og forskriftene som er relaterte til fjernvarmeutbygging har først og fremst sett krav til forureining, i tillegg til forplikting mellom utbyggjar og kundar. Krav til tekniske spesifikasjonar og verknadsgrader er ikkje nedfelte i lovverket. Likevel har konsesjonsgjevande myndigheit, Noregs Vassdrags og Energidirektorat, NVE, gjennom konsesjonssøknadsprosessen verka inn på planane for utforming av fjernvarmeanlegga. Denne regulative funksjonen er avgjerande i ein regulativ kontekst, sidan ein fungerer som

trendsetjar for bransjen. Krav og retningslinjer set standarden. Som oftast verkar økonomiske og finansielle krefter sterkt inn i prosjekt og set press på andre omsyn. Ut frå dette har nivået på krava særst mykje å seia for kva nivå bransjen legg seg på. Til dømes har me i dag eit krav om at energiutnyttingsgrada for forbrenningsanlegg skal vera 50% (Ringvold 2014). Den faglege grunngevinga, eller snarare mangelen på grunngeving, for dette skal me koma attende til. Utnyttingsgrad som mål på energigjenvinning er misvisande, og 50% er lite ambisiøst. Som me skal sjå nærmare på, spelar derfor den regulative søyla i institusjonell teori ei viktig rolle i det å forklara kvifor dagens praksis for fjernvarme er som den er.

Normer og felles verdiar er sentrale element i den normative søyla. Med dette følgjer forventingar til å følgje visse, ofte uskrivne, retningslinjer. Ein kan seie at "ein må oppføra seg ordentleg", oftast med referanse til praksisen for kva som blir rekna for "ordentleg". Moralen spring ut frå fellesgrunnlaget av normer og verdiar, og fyller gråsonene utanfor lovane. Hugh Heclo skildrar oss menneske sitt forhold til moral slik: *"Deeper than the agent/principal issues is the agent/principle perspective. It presupposes that as beings (which by existing we surely are) we humans are moral agents. That is to say, by virtue of being human, we experience our existence as partaking in questions of right and wrong. To say human life is to say morally implicated life"* (Heclo 2008, s.79). Ut frå verdiar eller normer som einskilde peikar seg ut, eller som følgjer av sosial posisjon eller evner, oppstår rollar (Scott 2013, s.64-66). Til dømes kan ein venegjeng ha rollar som "den morosame", "den kloke", "den heftige" og så vidare. Når den enkelte fyller si rolle godt, kan lønna vera heider, medan brot av normene ofte leiar til skam og vanære (Scott 2013, s.60). På same måte fell fjernvarmebransjen og kvar einskild fjernvarmeutbyggjar inn under den normative søyla i rolla som ansvarspålagde samfunnsaktørar. Mange av selskapa som byggjer ut og driv fjernvarmeanlegga i Noreg, inklusiv BKK Varme AS i Bergen, er kommunalt eigde, og har med det eit direkte samfunnsansvar i det å forvalta fellesskapet sine ressursar. Dette kan me også finna att i NVE sine konsesjonskrav, som mellom anna stillar krav til samfunnsøkonomien til fjernvarmeanlegg (Selfors 2014). Som me skal sjå gjennom casen om utbygginga av fjernvarme i Bergen, kan grunnlaget for normene endrast ettersom ny kunnskap eller innsikt gjer seg gjeldande. Nytt syn på avfall som ressurs, omdefinerte tankane rundt kva som var den samfunnsmessig beste løysinga i høve til avfallshandsaming. Overført til dagens fjernvarmebransje er det ikkje verdiane til bransjen eg i oppgåva stillar meg kritisk til, men snarare grunnlaget for dagens fjernvarmepraksis.

For å eksemplifisera den kognitive søyla vil eg bruka ein kyrkjelyd. Der har deltakarane trua til felles som ei felles forståing eller fundament. Retningslinjene som er nedfelt i Bibelen, viser med eit eksempel ein retning, eller felles agenda, for medlemmane. Shweder og LeVine koplar det kollektive til individet med å hevda at: *"In the cognitive paradigm, what a creature does is, in large part, a function of the creature's internal representation of its environment."* (Shweder and LeVine 1984, s.88-119). Den enkelte vil i teorien altså handla ut frå trua ein har til felles med andre individ i institusjonen, kyrkjelyden. Likeeins verkar desse mekanismene i fjernvarmebransjen og i grensesnittet til konsesjonsmyndigheitene. I utviklinga av bransjen og bransjepraksisen har utbyggjarar måtta ta lærdom av kvarandre for å koma fram til eit slags fundament for vidare vedtekter. Dei same institusjonelle funksjonane finn me i dagens fjernvarmebransje, om enn med svakare band, grunna ein meir moden bransje, er aktørane få og har tette band. Derfor står vala til den einskilde parten og medførande innverking i eit gjensidig påverkjingsforhold med institusjonen. Dette kan skildrast ved følgjande sitat: *"Every human institution is, as it were, a sedimentation of meanings or, to vary the image, a crystallization of meanings in objective form."* (Berger and Kellner 1981, s.31). I alle kognitive institusjonar vil ein også finna ei form for fellesforståing om at det fins ei *sanning*, eller "Orthodoxy", som Scott nemner (Scott 2013, s.60). Vissa om denne *sanninga* legg føringa for handlingane til partane i institusjonen, og det kan i tilfelle av etterpåklokskap vera snakk om "gjort i beste mening". For fjernvarmebransjen er *sanninga* representert ved den etablerte praksisen som ligg til grunn for alt ein gjer og vedtek. Gjennom utformingsprosessane av dagens praksis, som denne oppgåva set fokus på, skal me sjå på korleis kognitive mekanismar har verka inn. I denne samanhengen er det interessant å danna eit bilete av kven der er som i størst grad definerar *sanninga*. Ut frå føresetnaden denne oppgåva byggjer på, om at dagens praksis for fjernvarme ikkje er optimal med omsyn til energigjenvinning, er det grunnlag for å stilla kritiske spørsmål om når bransjen faktisk spora av. Relevant til dette er teorien om "Practical action" som skildrast med sitatet: *"preoccupation with the rational, calculative aspect of cognition to focus on preconscious processes and schema as they enter into routine, taken-for-granted behaviour"* (DiMaggio and Powell 1991, s.22). Døme på slik predeterminant tenking kan me finna konkrete døme på i det empiriske materialet seinare i oppgåva: Avfall vart inntil år 1980 sett på som eit problem, og slett ikkje som nokon ressurs. Ut frå det me veit no, og den energigjenvinninga me har frå avfall ved fjernvarme i dag, er den tidlegare tenkte *sanninga* motbevist.

3. Metode

Introduksjon

I det følgjande kapittelet vil eg visa kva metode som er nytta i denne oppgåva, og grunngje dette i forhold til omfanget av oppgåva. Her vil eg skildra styrkar og veikskapar ved måten eg har nytta kvalitativ metode gjennom tekststudie og case. Dette vil vidare gå inn i vurderinga av reliabilitet og validitet for denne oppgåva.

Val av metode

Denne oppgåva har som mål å forklara dagens praksis for fjernvarme ved bruk av empiriske data frå år 1980 og fram til i dag, i form av lovdokument og saksdokument frå utbygginga av fjernvarme i Bergen. Sjølv om problemstillinga har sitt utspring i termodynamikkteori og søkjer forklaring ved institusjonell teori, er ikkje dette ein deduktiv studie. I motsetnad til å påvisa samanhengar ut frå teori, skal eg i denne oppgåva visa til funn som kan forklara eit fenomen, som dagens fjernvarmepraksis. Denne typen studie, som er teorigenererande, blir kalla ein induktiv studie (Grønmo 2004, s.37). Kjeldene for denne oppgåva er i stor grad arkivdata, supplert med intervju og e-postkontakt med tidlegare og noverande personar i bransjen. Derfor har det vore føremåteleg å jobba med denne oppgåva som ein longitudinell studie. Den kvalitative innhaldsanalysen som eg òg har brukt, er tett knytt til ein slik studie (Grønmo 2004, s.378). Denne metodiske hovudstammen kan vidare delast inn i to hovuddelar i denne oppgåva: tekststudie av arkivdata, og ein case. Case, som tyder tilfelle eller eining, har eg brukt som metode i høve til fjernvarmeutbygginga i Bergen, sidan dette nettopp er eit *tilfelle* i kjernen av det eg studerar i oppgåva (Grønmo, 2004: 90). Datatilfanget som utgjør empirien i oppgåva, er hovudsakleg sekundærdata, i form av arkivdata, støtta opp av primærdata ved intervju og utspørjing per e-post. Denne kombineringa av kjelder og metodar blir kalla triangulering (Yin 2009, s.116). Easterby-Smith et al. (2012, s. 126) nemner tre hovudtilnærmingar til innsamling av kvalitative data; *språkdata*, *observasjon* og *interaksjon*. I mi oppgåve er det innsamlinga av *språkdata* som er sentralt, gjennom tekststudie av arkivdata, personleg kommunikasjon og intervju.

Grunnen til at eg har valt case som metode i mi oppgåve er at det eignar seg til korleis- og kvifor-spørsmål, som blir støtta av faglitteraturen (Yin 2009, s. 8). Derfor er case ein god metode å nytta når mykje er usikkert og ein treng å få oversikt over eit tema, slik som i denne oppgåva. Media dekkar berre utvalte delar av dagens fjernvarmepraksis, og det har vore lite fokus på det meir fagspesifikke, samt det som går attende i tid. Utviklinga av eit heilskapeleg

bilete er derfor sentral, noko som case-metoden eignar seg godt til i følge Grønmo (2004, s.88). Ein av dei andre styrkane ved case-metoden er å nytta fleire formar for kjelder ved datatriangulering (Yin 2009, s.116). Dette er noko eg har brukt gjennom alt arbeid med oppgåva, og som har gitt grunnlag for å definera delar av oppgåva som case. Som nemnt har eg teke i bruk intervju og personleg kommunikasjon. Intervjuet var uformelt, og føremålet var å danna eit omriss av prosessane for casen, utan ein fastlagt intervjuguide. Eit anna aspekt ved case som er til fordel, er at ein kan avgrensa arbeidet til *ei* analyseining og konsentrera seg om den (Grønmo 2004, s.90). På den måten står ein overfor eit smalare og meir oversiktleg datatilfang som ein kan analysa, og deretter bruka opp mot andre delar av arbeidet. I mitt tilfelle er utbygginga av fjernvarme i Bergen casen der eg går grundig inn i prosessen, for så å gjera funn eg diskuterar opp mot funna eg har gjort i tekststudien av lovdanningsprosessen.

Grønmo (2004, s.81) delar analysenivå i tre; *mikronivå*, *mesonivå*, og *makronivå*. Dette dreiar seg om ein studerar høvesvis individ, organisasjonar, eller samfunnet som heilskap og system. Sjølv om mi oppgåve tek føre seg arbeidet til grupper og organisasjonar, som Energilovutvalet, BIR og BKK, er det i hovudsak systemnivået som er i hovudfokuset. Når dei institusjonelle mekanismane blir poengterte og diskuterte er det i størst grad på *makronivå*, for å gje forklaring på samanheng mellom lovverk og praksis.

Denne metoden blir kalla strategisk utval, og blir av Grønmo (2004, s.88) omtalt som ”*systematiske vurderingar av hvilke enheter som ut i fra teoretiske og analytiske formål er mest relevant og mest interessant*”. I motsetjing til kvantitative studiar der utvala skal vera randomiserte, og ein ønskjer tilfeldig utval, har eg til ei kvar tid valt ut datakjelder som eg har vurdert som nyttige. Framgangsmåten min har vore å alltid spørja etter vidare referansar som eg kan bruka til datainnsamling, noko Easterby-Smith et al. (2012, s.229) skildrar med metaforen ”Snowball sampling”. Mitt val av strategisk utval for casen fall på Bergen sitt utbyggingsprosjekt av fleire årsaker. For det første er innsamling av data lettare å gjennomføra grunna geografisk nærleik, og tilgangen på offentlege dokument er god. Dessutan er anlegget i Bergen spesielt ved at ein har eit anlegg som kan produsera elektrisitet i tillegg til varmtvatn. Dette gjer at ein gjennom casen får innblikk i ein prosess som tek føre seg ein innhaldsrik prosess, og ser ein dette opp mot andre tilsvarande utbyggingsprosessar er valet av case godt. Både kompleksiteten av dette *tilfellet*, og omsynet til tidsaspektet, ved at dei politiske prosessane starta tidleg, gjer eit representativt innblikk i utviklinga av bransjepraksisen.

Gjennomføring

Arbeidet med framskaffing av data starta ved kontakt med Bergen kommune, som kom med tilvising til Bergen Byarkiv. Samstundes oppretta eg kontakt med Det juridiske fakultet ved Universitetet i Bergen, der eg fekk juridisk fagleg hjelp med å danna oversikt over relevant materiale. I denne datainnsamlinga leste eg Energiloven, med føreliggjande proposisjonar og offentlege høyringar. Ved kommunikasjon med Norsk Fjernvarme vart eg gjort merksam på at også Forurensingsloven og Avfallsforskrifta omhandla utbygging og drift av fjernvarmeanlegg. Etter at eg ved dette hadde danna meg eit grunnlag for å forstå dei juridiske rammene, starta eg tekststudien av arkivdata til casen om utbygginga i Bergen. Gjennom dette arbeidet sette eg meg inn i ei rekke ulike dokument; arkivdata frå utreiingar og vedtak om avfallshandsaming i bystyret, energiplanar for Bergen, innspel frå etablerte aktørar innan fjernvarme i Noreg og internasjonalt, høyringsdokument frå rådgjevande ingeniørfirma og VVS-bransjen, samt konsesjonssøknadar.

Etter kvart som datainnsamlinga føregjekk, vart det stadig meir klart at datatrianguleringa var viktig for å sikra validiteten og reliabiliteten til funna eg gjorde, og måten det vart gjort på. Funna, eller nærare sagt mangelen på funn av det eg venta å finna i arkivmaterialet, gjorde kommunikasjon med seniorar innan bransjen og relaterte offentlege instansar naudsynt. Alle personar som er namngjevne i oppgåva, og i Tabell 1. som følgjar, har godteke dette.

Tidleg i prosessen gjennomførte eg eit uformelt intervju med BKK Varme-sjef, Øyvind Haaland. Dette fekk eg i stand etter tips frå Norsk Fjernvarme, og det vart ei rettesnor for kva som kunne venta meg av funn og manglar vidare i arbeidet. Eg stilte mest opne spørsmål, og fekk han til å fortelja mest mogleg frå utbyggingsprosessen heilt frå tidleg fase av. Dersom min intensjon hadde vore å henta ut presise detaljar, ville eg stilt strengare krav til eiga førebuing og retorisk utforming. I mitt tilfelle ville utarbeiding av ein detaljert intervjuguide vore til lita nytte på dette tidspunktet, sidan eg hadde for lita oversikt over kva eg kunne forventa av funn. Likevel førebudde eg meg i forkant ved å notera ein del punkt som eg ønskte å vita meir om. Eit døme på spørsmål var: ”Kan du fortelja litt om BKK og dykkar verksemd?” Dessutan tok eg opp intervjuet på lydband, for å kunna gå attende til eventuelle funn.

Forutan Haaland, har eg hatt personleg kommunikasjon per telefon med Bernt Ringvold frå Miljødirektoratet, Asle Selfors frå NVE og Erik Tandberg, tidlegare medlem av Energilovutvalget. Med Tandberg hadde eg to korte og uformelle telefonintervju der eg forsøkte å danna meg eit bilete av tida Energiloven vart utforma i, og kva føresetnadar og

avgrensingar dei hadde. I samtalen med Selfors hadde eg som mål å finna forklaringar på prioriteringane som politikarar og konsesjonsstyresmakter har hatt, og korleis dette har leia fram til praksisen som er i Noreg i dag. Med Ringvold snakka eg om synet på energiutnytting som Miljødirektoratet har som konsesjonsstyresmakt. Ideelt sett skulle desse samtalanane vore tekne opp på lydband og transkriberte for styrking av reliabiliteten. Meir om dette følgjer.

Samtalanane og dei uformelle intervjuane med desse blei gjennomførte mot slutten av skriveprosessen for å få innspel på funna mine frå ulike kjelder. Dette inngjekk som ein viktig del i kjeldetriadringa i mitt bidrag, og bidrog til iterasjon i den longitudinelle studien.

Innsamling av primærdata føregjekk for det meste ved personleg kommunikasjon gjennom epostkorrespondanse, forutan intervjuet. Nedanfor er ein tabell med informasjon om kven eg har vore i kontakt med og kva kommunikasjonen har dreidd seg om. Essensen frå kommunikasjonen eg har hatt med desse, har eg brukt til vurdering av funna eg har gjort i tekstdata.

Tabell 1. Oversikt over kva for personar eg har vore i kontakt med, og kva kontakten har dreidd seg om.

Namn:	Organisasjon:	Stilling/tittel:	Tema:
Gunnar Grevstad	Siv.Ing. Johan Thunes AS, no Sweco.	Rådgevar	Prosesen med fjernvarmeutbygging i Bergen.
Lasse Vannebo	Olje- og energidepartementet	Underdirektør	Fagleg grunnlag for Energiloven.
Hannah Hildonen	Miljødirektoratet	Rådgevar	Krav til utnyttingsgrad.
Anders Kalseie	Noregs vassdrags- og energidirektorat	Avdelingsingeniør	Konsesjonssøking for fjernvarmeutbygging.
Peter Sivengård	Svensk Fjärrvarme AB	Områdeansvarleg for teknisk utvikling	Praksis for utbygging og drift.
Øyvind Underdahl Holm	BIR Avfallsenergi AS	Miljørådgevar	Energigjenvinning
Jørn W. Ruud	Universitetet i Bergen	Universitetsbibliotekar	Lovdanningsprosessen for Energiloven.

Giovanna Chierchia	Hitachi Zosen Inova AG, leverandør av anlegget til BIR.	Assistant business developer	Fakta om fjernvarmeanlegget til BIR i Bergen.
Tore Skaug	Bergen Byarkiv	Arkivar	Arkivdata vedrørende fjernvarmeutbygging i Bergen.
Heidi M. Juhler	Norsk Fjernvarme	Dagleg leiar	Tilhøyrande lovverk og konsesjonssøking.
Erik Tandberg	Tidlegare Energilovutvalmedlem, samt styreleiar i Oslo Lysverker.	Sivilingeniør m.m.	Energilovutvalget sitt arbeid.
Asle Selfors	Noregs vassdrags- og energidirektorat	Seniorrådgjevar	Føremål med fjernvarme og krav til konsesjon.
Toralf Igesund	BIR Avfallsenergi AS	Forvaltings- og utviklingssjef	Vedtaksprosessen for utbygginga av Rådalen avfallsforbrenningsanlegg.

I arkivstudien av lovdanninga og gjeldande lovgrunnlag for fjernvarmeutbygging og –drift, som eg i stor grad gjennomførte ved Det juridiske fakultet ved Universitetet i Bergen, gjekk eg gjennom følgjande materiale: Odelstingsproposisjon nr. 43 av 1989-1990, Innstilling til Odelstinget nr. 67 av 1989-1990, Beslutning av Odelstinget nr. 72, Odelstingsvedtak av 11. juni 1990, Lagtingsvedtak av 14. juni 1990, Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (Energiloven), Norske Offentlige Utredninger, NOU, 1981:36, boka «Energiloven : med kommentarer» av Jens Naas-Bibow og Gunnar Martinsen, Odelstingsproposisjon nr. 11 av 1979-1980 (Forurensingsloven), og Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (Avfallsforskriften).

Av arkivmateriale har eg gått gjennom ei rekke dokument på Bergen Byarkiv: Formannskapsmøtet frå perioden 18.12.96-29.01.97, mappa Fk-1 frå arkiv A-4615, samt følgjande frå arkiv A-2875; Fa-0001 til Fa-0004, Gaa-0006, Dc-0021 og Dc-0016, som alle er frå arkivskapar Bergen Renholdsverk i serien ”Framtidig avfallsbehandling i Bergen”. Denne enorme datamengda på tusenvis av sider har eg hovudsakleg skumma gjennom overflatisk. Dei fleste funna i materialet vart gjort i samband med søk i databasen ved hjelp av min kontaktperson, arkivar Tore Skaug. Utover dette leita eg i indeksar og i overskriftene for å koma på sporet av stoff som kunne utgjera funn for mi oppgåve. Merk at dokumenta frå Samfunnsteknikk VBB A/S inngår i desse arkiva. Selskapet er no ein del av Sweco Norge AS.

Reliabilitet

Yin (2009, s.40) definerar reliabilitet slik: *”demonstrating that the operations of a study – such as the data collection procedures – can be repeated, with the same result”*. Oversett til norsk handlar det om i kva grad eit arbeid er påliteleg, og at resultatet ikkje er funne på, eller er ei mistolking av datatilfanget. Til dømes er opptak frå intervjuet ein styrke for reliabiliteten ved at ein i etterkant kan bruka innhaldet til å gjera dei same funna som eg har gjort allereie. Triangulering av kjelder, som nemnt, er ein annan god måte å sikra truverdet til eit bidrag. Ved at ein har fleire uavhengige kjelder som samsvarar og stadfestar funna oppnår ein dette. Stabilitet, som Grønmo (2004, s.222) omtalar, er eit mål på samsvar mellom datainnsamlingar frå kjelder på ulike tidspunkt om det same fenomenet. Måten eg har sikra dette gjennom datainnsamlinga, er ved kommunikasjon per e-post med personar som var med på å utforma dokumenta eg har brukt i innhaldsanalysen. På denne måten har eg fått stadfesta og avklart funna eg har gjort i arkivdata som personane sjølv har vore med å utforma, eller som vedkomande har jobba med på eit tidlegare tidspunkt. Dermed er trianguleringa av metode og kjelde med på å styrka funna og gjera dei meir pålitelege. Ekvivalens inneber at undersøkinga er uavhengig av kven som gjennomfører ho i høve til resultat (Grønmo 2004, s.223). Sidan eg har jobba åleine har det ikkje vore mogleg å gjennomføra uavhengige datainnsamlingar på same tidspunkt. Dette ville vore ein styrke for oppgåva sin ekvivalens. Samstundes er det gode argument for at ein annan forskar ville enda opp med mine funn. Hovudkjeldene mine er arkivdata som kjem til å vera tilgjengelege i lang tid framover. Sjølve funna i lovdataa er eintydige i mangel på referansar til termodynamikk i grunngevinga av lovverket, noko som kan ha hatt innverknad på utviklinga av bransjen.

Validitet

Validitet er eit mål på om ei undersøking eller ein test leiar til data som er gyldige for konklusjonar rundt problemstillinga (Grønmo 2004, s.221). Validiteten er avhengig av reliabiliteten, likesom når ein nyttar eit måleinstrument til måling: Ein test kan vera påliteleg utan at resultatet er gyldig, ved til dømes målefeil. På den andre sida er ikkje resultatet gyldig med mindre testen, eller instrumentet, er påliteleg. Yin (2009, s.40) deler opp validitet i tre avgreiningar; omgrepsvaliditet, intern validitet og ekstern validitet. Grovt sett handlar dei høvesvis om å måla det ein ønskjer ved hjelp av operasjonalisering, korleis ein kjem fram til årsakssamanheng i studien, og moglegheiter for å generalisera funna til større høve.

Omgrepsvaliditeten har eg styrka gjennom bruk av overlappande dokument, samtidig som eg har nytta datatriangulering for å sikra samsvaret til funna mine. Døme på dette er bruk av Norske Offentlege Utreiingar, Odelstingsproposisjon og Energiloven samt kommunikasjon med personar som var aktive i lovdanningsprosessen. Dette utgjer ei kjede av data, eller "*chain of evidence*" som Yin (2009, s.41) nemner. Den interne validiteten heng også saman med dette. Kausalitet, altså verknad mellom årsak og verknad, er komplekst å bevisa. Gjennom e-postkorrespondanse og telefonsamtalar la eg fram mine tolkingar av funna for sentrale personar relaterte til desse. Dermed fekk eg respons på antakingar, og nyanseringar som gjorde funna meir presise. På denne måten fekk eg innspel på mine tolkingar av årsak-verknad.

Den eksterne validiteten for oppgåva er kompleks å underbygge. I kva grad resultata kan generaliserast for å gjelda andre tilfelle, som Grønmo (2004, s.49) snakkar om, kan diskuterast. Resultata frå dei mange kjeldene mine omhandlar funn frå ei og same bransjeutvikling; nemleg utviklinga av fjernvarmebransjen. Difor dekker ikkje oppgåva analysar av samanhengar, i form av institusjonelle mekanismar mellom lovverk og bransjepraksis for utviklinga av andre bransjar. På den andre sida kan det argumenterast for at funna kan generaliserast ut frå det breie datagrunnlaget og dei mange uavhengige kjeldene, som gjennomført underbyggjer den institusjonelle mekanikken som er påvist. Med dette kan me sei at det er snakk om generalisering til eit visst nivå.

4. Tekststudie av arkivdata frå lov- og forskriftsdanninga relatert til fjernvarmeutbygging og –drift, frå år 1976 til år 1990

Innleiing og oversikt over innhald

I denne tekststudien skal me sjå på kva lovar og forskrifter som har lege, og som ligg til grunn for fjernvarmebransjen i dag. Fråværet av referansar til termodynamikken sine lovar i Energilovutvalet sitt arbeid sette dei første føringane for fjernvarmepraksisen i Noreg. Energiloven og Forurensingsloven kom med rammevilkår utan å definera klare retningslinjer for energiutnytting. Manglane frå lovverket blir vidareførte ved konsesjonsstyresmaktene si tolking av lovene. Dagens tolking av Avfallsforskriften sin § 10-10 visar at ein i dagens praksis ikkje legg termodynamikk til grunn for handsaming av lovverket. Dermed har det vakse fram ei *sanning*, med manglande krav til energiutnytting, som aktørane i fjernvarmebransjen driv ut frå i dag.

Energiloven sitt opphav og innhald

14. November 1980 vart eit utval, også kalla Energilovutvalet, ved kongeleg resolusjon oppnemnt ”for å gjennomgå og vurdere gjeldende regelverk for energiforsyningen og fremme forslag til mulige forbedringer.” (Odelstingsproposisjon nr 43 av 1989-1990 III 1. Innledning). Utvalet var ei samansetjing av representantar frå fem departement, fagrelaterte forbund, ein jurist og ein førsteamanuensis. Den første av dei tre delutreiingane til utvalet, NOU, Norske offentlige utredninger, 1981:36, handla om bygging og drift av fjernvarmeanlegg, og framtidig lovfesting av dette. Den tok føre seg mellom anna varme- og energiplan, fjernvarmen sin plass i energiforsyninga og konsesjonstid, samt barrierar for vidare fjernvarmeutbygging. Til dømes vart peika på manglande prosjekteringskompetanse og fagkompetanse. Manglande heilskapleg tenking vart også drege fram, men skulle leggest betre til rette for ved dei komande energiplanane (Haukvik m.fl. 1981).

Ved personleg kommunikasjon per telefon med Erik Tandberg (2014), tidlegare medlem i Energilovutvalget, stadfesta han at der var ein mangel på kunnskap og erfaring rundt fjernvarmeutbygging og –drift. Sidan dette både gjaldt aktørane, men òg dei som lovutformande eining, sette dette klare grenser for kor spesifikt og grundig dei kunne utforma lovforslaga. Den tredje og siste delutreiinga, NOU 1985:9, tok føre seg forslag om ny energilov, og var forgjengar for arbeidet vidare med energilovgjevinga.

I Ot.prp. nr 43 (1989-1990) VII 1. Ny Energilov fokuserte utvalet på at ”lovreglene om elektriske anlegg og disponering av energien ut fra riktig ressursbruk og

energiøkonomisering vil måtte tillegges økt vekt". Ut over dette ligg det inga utdjuping eller konkretisering for korleis dette skal gjerast, noko som er gjennomgåande for proposisjonen og Energiloven som følgjer. Tandberg (2014) poengterte at Energilovutvalet ikkje hadde som mål å gå i detalj ved lovutforminga, men snarare danna eit grovt rammeverk. Ut frå min ståstad, som ingeniør, er det viktig å definera sentrale termar spesifikt, fordi dei dannar grunnlag for så mykje anna. Til dømes er energi omtalt slik: *"Begrepet "energi" er vidtfarende. Det er ikke nærmere definert i lova, men omfatter både elektrisk energi og varmeenergi produsert i fjernvarme- eller fjernkjøleanlegg. Loven gjelder dermed all ledningsført eller rørbunden energi med unntak av petroleum."* (Ot.prp. nr 43 VIII Kap.1 § 1-1 (Virkeområde)). Sett i forhold til ønsket om å vektlegga disponering av energi ut frå riktig ressursbruk, er forståinga av energi, og korleis han som ressurs best kan utnyttast, grunnleggjande viktig. Frå ein fagleg ståstad verkar dette til å vera ein mangel med potensiale for vidareføring til neste ledd; konsesjonsgjevar. Som Tandberg (2014) var inne på mangla ein på det tidspunktet kunnskap på området, og det ein baserte seg på var erfaringane til Sverige og Danmark, som òg hadde avgrensa erfaring med fjernvarme. Avsluttinga av NOU 1981:36 viser at det i likskap med Energiloven, òg var mangel på referansar til termodynamikk i våre naboland sitt lovverk. Utover dette er det verdt å ta med omstenda rundt og grunnlaget for NOU 1981:36: Ein såg ei potensiell kraftkrise koma i Osloområdet. Gasskraftverk og kjernekraft var oppe til diskusjon som løysing, men fjernvarme vann fram som eit alternativ ein heller ville satsa på, trass i skepsis også til dette. Noko måtte ein gjera, og derfor var målet med NOU 1981:36, og vidare Energiloven, å danna eit rammeverk for vidare fjernvarmeutbygging (Tandberg 2014). Tandberg (2014) vedkjente at lovverket relatert til fjernvarme som vart utforma tidleg på 1980-talet var lite spesifikk og utilstrekkeleg. Derfor er det interessant å sjå nærmare på kva rolle ulike institusjonelle krefter har spelt fram til i dag, noko me skal koma innom vidare i oppgåva.

Under del III. Energilovutvalgets delutredning om energilovgivningen, 7. Bruk av energi, i NOU 1981:36, står følgjande: *"Utvalget har sett på behovet for lovregler for bruk av visse energikvaliteter til bestemte formål"* og *"Ut fra gjeldende regler må det også kunne oppstilles som vilkår for kraftleiekonsesjon at deler av energiforbruket skal dekkes av bestemte energikvaliteter basert på varme. Energilovutvalget kan ikke se at det skulle være behov for ytterligere hjemmel for å kunne påby eller forby bestemte energikvaliteter."* Her kjem utvalet inn på eit viktig omgrep, nemleg energikvalitet, som ein valde å ikkje bruka vidare i lovgjevinga. Truleg hang dette saman med tanken om å danna eit rammeverk som ikkje stod

for mykje i vegen for utbygging, og som kunne handsamast ut frå kunnskapen ein hadde på dette området.

Det fulle namnet til Energiloven; Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m., gjer eit representativt innblikk i kva han omhandlar. Dette er nedfelt i § 1.2 (Formål): *”Loven skal sikre at produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi foregår på en samfunnsmessig rasjonell måte, herunder skal det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt.”* Dette er slik ho står i dag, med ei endring som kom av lov 15 juni 2001 nr. 82 (ikr. 1 jan 2002 iflg. res. 7 des 2001 nr. 1344). Sjølv Energiloven vart vedteken 29. juni 1990 og tredde i kraft for fullt frå og med 1. januar 1991.

Ut frå omstenda, med press på krafttilføringa i Osloområdet, samt færre utbyggingsklare vassdrag, ønska politikarane eit rammeverk som gjorde det lønsamt å bygga ut fjernvarme (Tandberg 2014). Prosessen der ein definerte problemet, med fjernvarme som løysing, kan sjåast på som ei sedimentering av politikarane sine prioriteringar og mål. *Sanninga* om prioriteringane for løysinga, representert ved fråværet av termodynamikk, var at energioptimaliseringa kom lenger bak i prioriteringslista. Dersom fjernvarme skulle bli bygd ut, måtte det vera mogleg å tena pengar på det, noko Energiloven laga eit rammeverk for (Selfors 2014). Fjernvarmeanlegg utgjer kapittel 5 i Energiloven, og tek føre seg ei rekke forhold og plikter i § 5-1 til og med § 5-7: Konesjon for fjernvarmeanlegg, Vilkår, Tilknytingspunkt, Leveringsplikt, Pris, Forhandlingsplikt og Nedleggelse.

Rammeverket skulle ikkje berre sikra fjernvarmeleverandørar overlevingsdyktig økonomi, men samstundes syta for ein fornuftig pris for kundane. I, § 5-5. Pris, står det at: *”Prisen for fjernvarme skal ikke overstige prisen for elektrisk oppvarming i vedkommende forsyningsområde.”* Ser ein dette i lys av termodynamikken, og arbeidspotensialet til elektrisitet i forhold til varme, vil denne lovparagrafen framstå annleis enn ved første augeblink. Dømet i teoridelen om COP og varmepumper, dannar grunnlag for å hevda at prissetjinga ikkje er konstruert ut frå termodynamisk logikk.

Normene i og rundt den norske fjernvarmebransjen er at partane går gode for dette. Som fagperson er det likevel naturleg å stilla spørsmålet: er det riktig å selja eit produkt til tilnærma same pris som eit likt produkt med vesentleg høgare kvalitet, utan at kunden veit om det? I denne samanheng kan det diskuterast i kva grad *”private interesser”* faktisk blir tekne i vare.

Forurensingsloven og utforminga i forkant

På bakgrunn av utreiinga som Miljødepartementet si avdeling for forureiningssaker gjorde i år 1976-1977, kom Odelstingsproposisjon nr. 11 av 1979-1980: *Om lov om vern mot forurensinger og om avfall (Forurensingsloven)*. Dette lovforslaget kom med ei utforming som bygde på ønsket om ein samlande lov for forureining, støy og forsøpling. Kapittel 4.3 "Om ressurs hensyn" er det mest interessante i forhold til denne oppgåva. Der vart det tydeleggjort at ein ønska eit auka fokus på langsikt og bærekraft. Omdefineringa av avfall, frå å vera eit problem til å vera ein ressurs, la ein ny, ønska kurs for handsaminga av avfall. Sjølv om fokuset i hovudsak var på gjenvinning, var avfallsforbrenning til oppvarmingsføremål nemnt som eksempel på gjenvinning av energi under kapittel 7.2: "Behovet for nye regler om avfall og prinsipper for de nye reglene". Dette lovforslaget munna ut i "Om lov om vern mot forurensinger og om avfall (Forurensingsloven)" som tredde i kraft 1. oktober 1983.

Ved Forurensingsloven sin § 16. (Vilkår og tillatelse) er det vedteke at: *"I tillatelse etter loven eller forskrift i medhold av loven kan det settes nærmere vilkår for å motvirke at forurensning fører til skader eller ulemper, og for å fremme effektiv utnyttelse av energi som virksomheten bruker eller frembringer."* Elles er det fatta i § 33. "Gjenvinning og annen behandling av avfall" at styresmaktene kan, ved forskrift eller enkelvedtekt, fatta vedtak om utnytting av energi. Denne utforminga av lova kan sjåast i samanheng med måten Energiloven er utforma, når det kjem til energioptimalisering. Det kan tyda på at kognitive krefter har verka inn, og ført til at rammeverket for energiutnytting også i Forurensingsloven er lite definerte. Med dette meiner eg at *sanninga*, og den felles oppfattinga om korleis lovverket utformast følgjer ein raud tråd. Forklaringa på dagens lite spesifikke og energifokuserte lovverk kan altså koplast direkte opp mot styresmaktene sitt ønske om handlefridom. Sedimentering av politkarane sine prioriteringar og mål verkar tydeleg ved at omsynet til miljø og økonomi kjem før energiutnyttinga. Handhevinga av dette blir overført til konsesjonsstyresmaktene utan at krava til sistnemnte kjem med. I tillegg til manglande føringar i lovverket, verkar politiske krefter inn i handsaminga av konsesjonar. Dette fekk eg stadfesta i kontakt med NVE, der ein har spurt Olje- og energidepartementet, OED, føre om skjerping av krava for konsesjonssøkar, men fått signal om at politkarane er nøgde slik det er.

Avfallsforskriften

Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall, også kjent som Avfallsforskriften vart kunngjort 24. juni 2004. Denne tek føre seg mellom anna forbrenning av søppel, som er presentert mellom anna ved definisjonar i Kapittel 10. Forbrenning av avfall, underkapittel I. ”Innledende bestemmelser”, § 10-3. Desse definisjonane er døme på spesifikke formuleringar som skil seg frå grada av spesifisering ein kan finna i lovene me har sett på så langt. Her er to døme:

”Forbrenning: prosess der det produseres termisk energi ved at karbon eller karbonholdig materiale oksiderer og danner CO₂ og vann, samt andre termiske behandlingsprosesser slik som pyrolyse, gassifisering eller plasmaprosesser når materialet som dannes ved denne behandlingen deretter oksideres.”

”Avfallsforbrenningsanlegg: enhver teknisk enhet samt utstyr som har til hovedformål å forbrenne avfall, med eller uten utnyttelse av generert termisk energi.”

Vidare, under IV. Anleggets drift § 10-10, står det om energiutnytting at: *”Forbrenningsanlegg skal utformes, bygges og drives på en slik måte at all termisk energi generert av forbrenningsprosessen utnyttes så langt det er praktisk gjennomførbart.”* Korleis dette kravet skal oppfyllest, står det ikkje meir utfyllande om her. Likevel er det særst interessant at det står med ein tydeleg ordlyd, lik som definisjonane over, enn resten av lovverket. Ser ein derimot på handhevinga av dette lovverket i dagens praksis, er det tydeleg at normene for handsaming av omgrepet ”energiutnytting” går i ei bestemt retning. Ikkje berre brukar ein eit misvisande mål for gjenvinninga av energikvalitet, ved å utelata den andre lova si verknadsgrad; i tillegg verkar talfestinga av kravet utdatert og til å mangla fagleg forankring. Sjå Appendix 1. for forklaring av andre lov si verknadsgrad. Kravet om 50% energiutnytting, som er det strengaste kravet som er stilt til no, samsvarar ikkje med potensialet for kva som er ”praktisk oppnåeleg” i dag. Det burde vore høgare, når me veit at anlegget i Bergen ligg rundt 70% i energiutnytting (Haaland 2014).

Dagens praksis sett i lys av § 10-10 si føresegn er eit klart prov på manglande fagleg forankring i termodynamikken sin andre lov. Dersom ein hadde teke omsyn til den, måtte ein definert korleis ein best nytta den termiske energien, vist til energikvalitet, samt den andre lova si verknadsgrad. Utan dette har me, som i dagens praksis, ei normativ handsaming av konsesjonar, utbygging og drift for den norske fjernvarmebransjen. Ved at termodynamikken sin andre lov ikkje blir teken med i § 10-10, er det skjønnet til konsesjonsstyresmaktene som

set føringar for utforminga av anlegga. Dette representerer ein normativ praksis ut frå eit mangelfullt regulativt grunnlag. *Sanninga*, som den kognitive søyla i institusjonell teori omtalar, om gjenvinning av energi, verkar dermed å vera felles for handsaminga av Avfallsforskriften med resten av lovverket.

I denne delen har me sett på korleis lovdanningsprosessane tok til, kva lovane vart forma til, og korleis dei står og verkar i dag. Rammene og tida lovverket vart til i kan forklara utforminga av lovverket på 1980-talet, som er utgangspunktet for dagens praksis. Likevel er det nemneverdig at lovverket er tilnærma uendra i dag frå den gong det tredde i kraft. Termodynamisk forankring er fråverande, noko som har gjort og gjer utslag for korleis energien i fjernvarmeanlegg blir nytta. *Sanninga* rundt beste praksis har vorte forma ut frå dette lovverket. Normative mekanismar har verka mellom politikk og konsesjonsstyresmakter til dagens praksis. Uttrykket for dette finn ein ved kva NVE stillar krav til for fjernvarmekonsesjonar, noko me skal sjå på vidare i oppgåva. I den neste delen går me inn på utbygginga av fjernvarme i Bergen, som døme på vedtaksprosess, med fokus på institusjonelle mekanismar som verka inn i prosessen. Ut frå dette skal me forklara prioriteringar ved utbygginga, og koplingar opp mot lovverket.

5. Case: BIR Avfallsenergi og BKK Varme sitt fjernvarmeanlegg

Introduksjon

I Bergen såg ein på 1980-talet at dagens ordning for avfallshandsaming ikkje var berekraftig, grunna minkande deponikapasitet. Med eit nytt syn på avfall som ressurs starta ein lang prosess for å finna det ein meinte var den beste løysinga for avfallshandsaminga. I denne delen vil eg skildra korleis økonomi for løysingsalternativa vart vektlagt over energi i saksgangen for avfallsforbrenningsanlegget. Med tillatinga frå SFT kom kravet om 50% energiutnytting, og fjernvarme kom inn som ein del av løysinga. I den samanheng skal me sjå kva institusjonelle mekanismar som verka i denne prosessen, samt kva ein la til grunn for prioriteringane ein gjorde. Til slutt vil eg dra ein parallell til andre typar anlegg for å nyansera og setja lys på problema eg diskuterer her.

Avgjerdsprosessen rundt den beste løysinga på avfallsproblemet

Gjennomslag for synet om avfallet som ressurs føresa store omveltingar for avfallssektoren. Dei nye føringane som vart presenterte i Odelstingsproposisjon nr. 11 av 1979-1980, vart via stor merksemd i Samfunnsteknikk VBB A/S sin sluttrapport. Auka gjenvinning vart sett på som eit godt bidrag for å bremsa oppfyllinga av fyllinga i Rådalen, sjølv om trenden i Noreg og Norden så langt ikkje via gjenvinning stor merksemd. I tillegg vart alternativet med å nytta varmeenergien frå eit forbrenningsanlegg i eit fjernvarmenett nemnt, delvis grunna stor stigning i energiprisane dei førre åra. På dette tidspunktet råda ein at dette burde bli vurdert som løysing på avfallsutfordringa (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.5). På dette tidspunktet var avfallsproblemet i fokus, medan synet på avfallet som ressurs i størst grad dreidde seg om kva økonomisk bidrag det kunne gje. Denne måten å tenkja på var rasjonell ut frå føresetnadane på gitt tidspunkt; det var ingen kraftmangel i Noreg, og det var ingen lovar som sette føringar for fjernvarmeutbygging. Med andre ord mangla dei regulative mekanismane som kunne sett krav til energiutnytting, noko me kjem attende til.

Reinholdsseksjonen sine mål for drifta vart samanfatta som følgjande: *”Renholdsseksjonens målsetting er innsamling, transport, behandling og deponering av avfall på en miljømessig, hygienisk og ressursmessig akseptabel måte til en minimal kostnad.”* (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.7). Ein raud tråd kan trekkjast frå denne målsetjinga og fram i tid til år 1997, der utsegna om kostnad lyd i same ordelag i formannskapet si omtale av framtidig handsaming av avfall (Forbrukerrådet 2013). Ordvala ”akseptabel” og ”minimal” er interessante i forhold til kva som vart uttalt prioritert for framtida. Minst moglege kostnadar er klart og tydeleg.

Akseptabel derimot, gjer meir rom for tolking, og har band til både det normative og kognitive innan den institusjonelle teorien. Som offentlig aktør var reinhaldsseksjonen moralsk plikta til å forvalta fellesskapet sine ressursar best mogleg. Akseptabelt var eit direkte produkt av sanninga om dette, sjølv om dette ikkje var vidare spesifisert. Ein kan merka seg at eit meir ambisiøst ord som optimal ikkje vart brukt. Prioriteringa av avfallet som energiressurs kom i annan rekke etter økonomien, og denne prioriteringa viser kjernen av sanninga for avgjersleprosessen. Økonomi som førsteprioritet har BIR og BKK Varme sine kombinerte anlegg, med høvesvis avfallsforbrenningsanlegg kombinert med fjernvarmenett, til felles med andre fjernvarmeanlegg. Likevel er det ein vesentleg forskjell ved at avfall er ein ressurs som BIR tener pengar på å ta i mot, medan andre typar fjernvarmeanlegg, til dømes flisfyrte anlegg, må betala for brenselet. Denne forskjellen i økonomien medfører ulike insentiv og driftsvilkår for fjernvarmeaktørane. Kravet om energigjenvinning på 50% forpliktar avfallsforbrenningsaktørane til å gjera nytte av energi, som elles ville gått til spille fordi det er den billigaste løysinga. Investeringar i infrastruktur og anlegg krev lang tilbakebetalingstid før salet av energi kan vera ei netto inntekt. For aktørane med utgifter til brensel er derimot salet av energi heile grunnlaget for økonomien deira (Ringvold 2014). Dermed er det dei normative kreftene uttrykt ved økonomiske omsyn som styrer praksisen i høve til energigjenvinning. Krava NVE stiller til aktørar som søker konsesjon for fjernvarmeanlegg, er krav til samfunnsøkonomisk lønsemd, avgrensa bruk av fossile energikjelder, CO₂-utslepp, og forsyningstryggleik. Energigjenvinning blir ikkje nemnt (Selfors 2014). Som me skal sjå vidare verka same typen krefter i vedtaksprosessen for utbygginga i Bergen.

I år 1983 hadde fyllinga i Rådalen berre 10 år att før ein måtte finna ein ny lagringsplass dersom dåtidas praksis skulle halda fram (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983). Ut frå avfallsperspektivet og omsynet til deponering i fylling, vart forbrenning sett på som ei løysing for reduksjon av forureininga og miljøproblema til den eksisterande løysinga. Dessutan ville det totale naudsynte fyllingsvolumet, i form av oske og liknande som biprodukt, utgjere berre 40% av volumet til dåtidas deponiløysing. På den økonomiske sida av saka var eit faktum at avanserte forbrenningsanlegg var dyre, både å bygga ut og drifta. Inntrykket til dei rådgjevande ingeniørane var at der var *”en tendens til å avvise forbrenning dersom ikke annen positiv effekt enn løsning av avfallsproblemet oppnås”*. Derfor meinte ein at varmeenergien frå forbrenningsprosessen burde nyttiggjerast. Vidare var det ein føresetnad at eit eventuelt forbrenningsanlegg måtte setjast i samband med *”energiverk”*. Tilknytning til

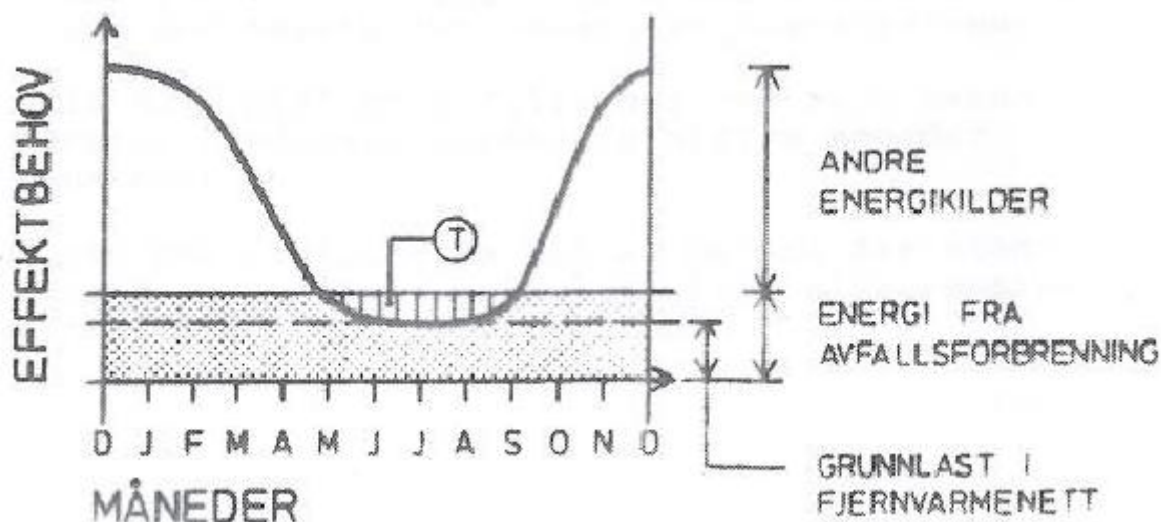
fjernvarmeanlegg eller elektrisitetsproduksjon vart sett på som aktuelle løysingar for dette (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.7). Tilrådinga ovanfor visar to ting; ingeniørane som gav råd, visar lite eller ikkje syn for energiressursen avfallet representerar i utgangspunktet. Ein kan seia at *sanninga* rundt avfallet som ressurs fokuserte på den økonomiske ressursen, samt løysing av problemet på ein billegast mogleg måte. Det andre er at ein ser spor av regulative krefter, som i dette tilfellet sette ein stoppar for forbrenningsanlegg utan energigjenvinning. Dette viser oss kor viktig rolle dei regulative mekanismene, i form av lovar og styresmakter, er.

I Samfunnsteknikk VBB A/S (1983) sin sluttrapport om framtidig avfallsbehandling i Bergen blir alternativa for avfallsforbrenning med tilknytning til fjernvarmeanlegg presentert, med antakingar og tilrådingar. Det første aspektet som blir teke opp, er energipotensialet i avfallet ut frå dåtidas avfallstilfang. Antakingane for dette blir presentert i tabellen som følgjer:

Tabell 2. Oversikt over avfallsmengd og energipotensiale (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, figur 6. s.8).

Energipotensiale i avfall:	
Brennbar avfallsmengd	74.000 tonn/år
Brutto energiinnhald	213 GWh/år
Overskotsenergi	124 GWh/år

Vidare kjem ein inn på det som kan reknast for å vera hovudutfordringa til utnyttinga av dette energipotensialet, nemleg at tilgang versus behov ikkje samsvarar gjennom heile året. Medan avfallsgenereringa er jamn heile året, har fjernvarmenettet årstidssvingingar for effektbehovet, med minimumsnivå på sommartid. Denne problemstillinga er høgaktuell også for dei utbygde anlegga me har i dag, og står for store tap av energikvalitet. Figur 1. syner det estimerte tapet, T, som ved dagens anlegg i Bergen har eit djupare botnpunkt for kurva, altså eit større tap enn det som er illustrert her. Sjå Figur 4. i Appendiks 2. for grafisk framstilling basert på BKK Varme sine tal for år 2013.

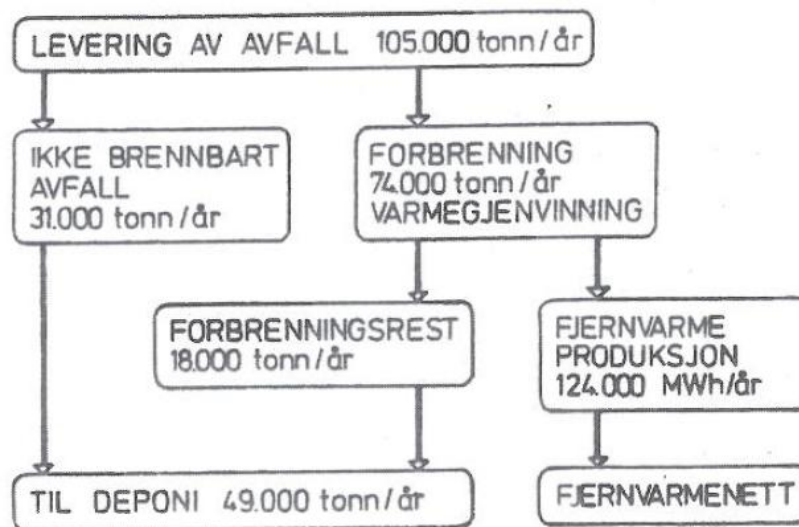


Figur 1. Illustrasjon av effektbehovet i fjernvarmenett med variasjon over året. T representerer energitapet som oppstår når energigjenvinninga frå avfallsforbrenninga er større enn effektbehovet (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.9).

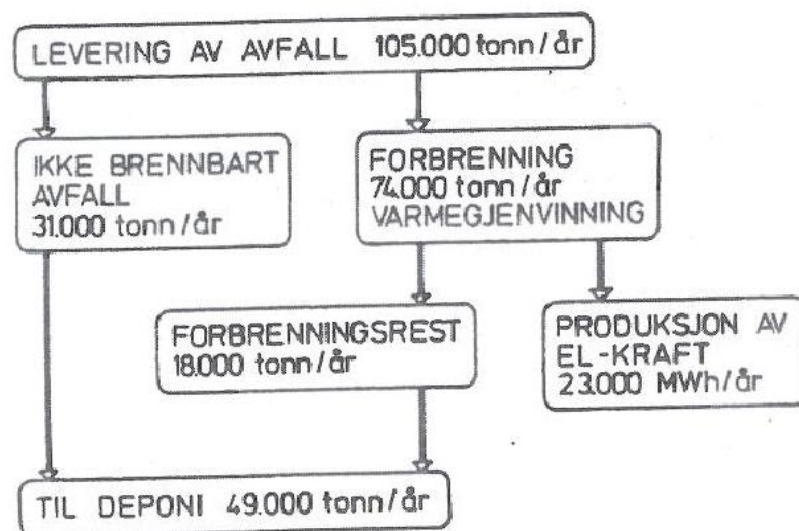
Dette leier oss inn på ein av dei to vanskelegaste emna for bransjeaktørane: topplasta må dekkast av andre energikjelder, som elektrisitet, gass og olje, for å gje ei sikker forsyning. Det blir ofte trekt fram som det mest negative (Byrådssak 599/10, Byrådet i Bergen Kommune, av 10. november 2010), særleg i høve til CO₂-utslepp. Det andre: er at dette nemnte tapet, T, er eit uttrykk for manglande fleksibilitet fjernvarme har som system for nytting av energikvalitet. Aktørane har eit poeng med at dei har eit fleksibelt system som kan gjera nytte av mange slag energikjelder som er utfordrande å bruka på andre måtar (Byrådssak 599/10, Byrådet i Bergen Kommune, av 10. november 2010). Likevel ser me at systemet for å nyttiggjera energikvaliteten frå forbrenningsvarmen ikkje er optimalt.

Med utgangspunkt i den nye lovgjevinga som fremma synet på avfall som ressurs, gjorde ein vurderingar for energiutnyttinga på årsbasis. Som kurva syner, ville ein få eit tap av energi i sommarmånadane då oppvarmingsbehovet er minst. Derfor kom ein med tilråding om at avfallsenergien i prinsippet ikkje burde dekkja grunnlasta på fjernvarmenettet. Omsett til eit reelt avfallsforbrennings- og fjernvarmeanlegg kom ein fram til at avfallsenergien maksimalt kunne dekkja 30% av topplasta, merka "andre energikilder" på førre figur. Forutan at ein nemnte produksjon av metangass som alternativ, var fokuset på nytting av avfall som fast brensel framtreddande. Ved utnytting av brennverdien i avfallet kunne ein "produsera" varmtvatn eller damp, som kunne brukast til el-produksjon. I forhold til brennverdien i avfallet såg ein at det kunne oppstå ei interessekonflikt dersom ein skulle driva med gjenvinning parallelt. Papir, papp og plast har høg brennverdi, men var, og er, av dei mest

aktuelle materiala for resirkulering. Ein uavhengig part for den politiske prosessen, Samfunnsteknikk VBB A/S, kom fram til to ulike alternativ for forbrenning av avfall: "Et forbrenningsanlegg med energigjenvinning til fjernvarme for Bergen sentrum" og "Et forbrenningsanlegg med dampproduksjon og framstilling av el-kraft" (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.15). For begge desse alternativa vart det poengtert at plasseringa av forbrenningsanlegget burde vera sentral for å minimera transportkostnadane, altså opplagt nok eit klart fokus på det økonomiske aspektet ved løysingane. Dei to løysingane for nytting av avfallsforbrenningsvarmen vart skisserte slik:



Figur 2. Oversikt over avfallshandsaming med energigjenvinning i form av fjernvarmeproduksjon (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.16).



Figur 3. Oversikt over avfallshandsaming med energigjenvinning i form av produksjon av el-kraft (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, 11. s.17).

Når det her blir nemnt ”produksjon av el-kraft”, er det viktig å presisera at ein truleg i denne samanhengen har tenkt på forma av energi, altså elektrisitet, når ein skriv produksjon. Dersom ein skriv ”energiproduksjon”, som er ein utbreidd, men misvisande terminologi, bryt det med termodynamikken sin første lov. Energi kan ikkje oppstå eller forsvinna, berre skifta form. Sjå Appendix 1. under Termodynamikken sin første lov. Dette dannar eit viktig grunnlag for å forstå omgrepet ”energikvalitet”, som me skal koma nærmare inn på seinare i oppgåva.

Bakgrunnstala for alternativa hadde fokus på økonomi i løysingar for avfallsproblemet, ikkje først og fremst på avfallet som energiresurs. Dette hadde si naturlege forklaring ut frå samanhengen der Noreg hadde kraftoverskot og Bergen hadde eit avfallsproblem. Likevel vil eg framheva og sjå litt nærmare på alternativa reint økonomisk. For det første av dei to skisserte alternativa, Figur 2., rekna ein kostnad per tonn avfall ut frå kor stor del av energien som vart selt. Sal av høvesvis 50%, 75% og 100% av energien ville gje kostnader per tonn avfall på 452 kr, 348 kr og 244 kr. Kostnadane inkluderar anlegg- og driftskostnader. Til samanlikning kom ein fram til at ein tilsvarende kostnad per tonn avfall for alternativet med el-produksjon, Figur 3., ville vera 264 kr. Ser me desse kostnadsprognosane opp mot årskurva for effektbehov for fjernvarme, som me såg på tidlegare i denne delen, talar det for alternativet med el-produksjon. Kurva for energibalansen for år 2013 i Appendix 2. gjer ein peikepinne på energigenerering og energi utnytta i form av sal. I følge BKK Varme sine egne tal vart 75% av nettoenergien frå forbrenningsomnane selt (Haaland 2014). Dersom dette den gong låg til grunn for den økonomiske kalkylen, ville ein sett at det kom til å vera ein høgare kostnad for fjernvarmealternativet enn ved el-produksjon. Til samanlikning er produksjonen av fjernvarmevatn og elektrisitet teke med i skissene av alternativa, og blir samanlikna og kommenterte. ”Produksjon av el-kraft” i Figur 3. og ”Fjernvarmeproduksjon” i Figur 2. er høvesvis 23.000 MWh/år og 124.000 MWh/år. Ikkje overraskande kom ein fram til at elektrisitetsproduksjonen i det andre alternativet hadde for dårleg energiutbytte, ved direkte samanlikning ut frå tala. Her er det viktig å merka seg at arbeidspotensialet til dei 124.000 MWh/år i form av fjernvarme ikkje skil seg mykje frå det tilsvarende talet for elektrisitetsproduksjonen. Les om arbeidspotensiale i Appendix 1. for vidare forklaring. Dette var likevel ikkje ein faktor som vart via stor merksemd i samanlikning av ulike behandlingsmetodar av avfall, der forbrenning vart samanlikna opp mot deponering i fylling, og gjenvinning. Miljøbelastning, forureining, fyllingsvolum, totalkostnader, ressurs sparing, energiutnytting til fjernvarme og økonomisk uvisse, var faktorane som gjekk att. Svært interessant er dette avsnittet som innleiar delen om samanlikning av behandlingsmetodar:

”Alle de vurderte metodene har sine fordeler og ulemper, og det er også gode muligheter for å tillegge disse vektorer etter personlig, politisk eller annen oppfatning” (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.23). NB! Vidare blir det poengtert under ”Kommentarer” at når ein samanlikna dei ulike alternativa, var det viktig å vektlegga dei aktuelle faktorane som spelar inn sett i forhold til lokale forhold. Dette såg ein på som særst viktig for å ta det beste valet ut frå føresetnadane for den aktuelle staden. Eit anna poeng som blei gjort, var at det som oftast var ulempene ved eit alternativ som var avgjerande for valet. Til døme på dette viser ein til at for eit forbrenningsanlegg var det økonomien som stod fram som eit svakt punkt. Deponeringsalternativet sette fokus på miljø og forureining som ulemper, medan gjenvinningsalternativet var for avhengig av marknaden. Desse aspekta viser at prosessen med å finna ei løysing på avfallsproblematikken hadde ein overordna innfallsmetode. Utan å gå inn på tekniske detaljar trakk ein dei store linjene og forsøkte å ta med dei viktigaste faktorane til vurdering. Med uvissene rundt kva som var den beste løysinga og mangelen på kjennskap til fjernvarme som ny teknologi i Noreg, var det dei normative kreftene som var framtrudande. I konklusjonen til Samfunnsteknikk VBB A/S tilrådde ein å halda fram med dagens løysing, deponering av avfall, men poengterte at: *”Forbrenning og da med energiutvinning i tilknytting til fjernvarmeanlegg, kan bli aktuelt, men med den primære begrunnelsen for denne løsningen vil da ikke være avfallsbehandlingen, men energipotensialet i avfallet.”* (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.23). Denne problemstillinga vart ikkje inkludert i form av noko vedtak for framtida, fordi ein såg seg avhengige av energiplan for Bergen som var venta å bli lagt fram i 1984. I den skulle det koma retningslinjer for mellom anna utnytting av lokale energikjelder (Samfunnsteknikk VBB A/S 1983, s.22-24).

Då energiplanen for Bergen var ferdig utforma, kom det innspel til alternativ frå bransjen. Med utgangspunkt i dei to alternativa for løysing med forbrenning av avfall, nemnt tidlegare i kapittelet, valde ein alternativet med fjernvarme til Bergen sentrum. Ifølgje ”Energiplanen og lønnsomhetsberegning av forbrenningsalternativet” gjorde ein det for å belysa innverknaden av plasseringa for eit slikt anlegg ville ha på distribusjonskostnadane (Samfunnsteknikk VBB A/S 1984). Plasseringa i forhold til forsyningsområdet, samt effekt- og energibehovet vart trekte fram som sentrale punkt. Avgjersla om å gå nærmare inn på fjernvarmealternativet med energigjenvinning frå avfallsforbrenningsanlegget var ei klar innsnevring i prosessen med å finna ei framtidig løysing. Med utgangspunkt i innhaldet til energiplanen for Bergen, der ein samrødde seg med fagmiljøa nasjonalt, kom ein stadig meir inn på det den tekniske

utforminga av framtidig løysing. Sjølv om kursen for val av løysing ikkje var endeleg på dette tidspunktet, var dette eit steg i retning av fjernvarmeløysinga.

I tilbodsdokumentet "Forbrenning av avfall i Bergen, Prosjektbistand –Tilbod" kom Samfunnsteknikk VBB A/S i samarbeid med A/S Hafslund med følgjande konklusjon: "*Den beste energiutnyttelse av avfallet får en ved å bruke varmen direkte til varmtvannsproduksjon i et fjernvarmeanlegg.*" (Samfunnsteknikk VBB A/S & A/S Hafslund 1984, s.11). Dette har samanheng med det ein kjem fram til i "Energiplanen og lønnsomhetsberegning av forbrenningsalternativet", der "*et forbrenningsanlegg med energigjenvinning og fjernvarme for deler av Bergen sentrum*" blir presentert som beste alternativ. I denne samanhengen handla det om det skulle vera eitt eller fleire forbrenningsanlegg, om ein skulle nytta varmen til fjernvarme, og om ein skulle ha "*dampproduksjon til framstilling av elkraft*" (Samfunnsteknikk VBB A/S 1984). Kva ein baserte desse konklusjonane på, er vanskeleg å slå sikkert fast. Referansar til termodynamikk og verknadsgrader mangla i dokumentasjonen. Viss ein dermed såg bort frå energikvalitet, noko ein truleg gjorde, ville fjernvarme gje best utnytting og vera den beste løysinga. Som me har sett i dei to førre figurane, estimerte ein at el-produksjonsalternativet ville generera 23.000 MWh/år mot fjernvarmealternativet sine 124.000 MWh/år. I tillegg var konteksten at det var stor tilgang på elektrisitet grunna vasskrafta, noko som gjorde det lite lønsamt å produsera elektrisitet. Sett ut frå institusjonell teori kan det skildrast slik; ved å ikkje ta omsyn til termodynamikk vedrørande energikvalitet og verknadsgrader utover utnyttingsgrad, var utgangspunktet mangelfullt. Sjå delen om andre lov si verknadsgrad i Appendiks 1. for samanlikning av utnyttingsgrad og verknadsgrader. Den etablerte *sanninga* var ikkje samsvarande med det faglege, noko som gjorde utslag både i lovgeving og styresmaktene sine vedtekter. Desse hadde som rolle å stå bak dei legale mekanismane, men med manglande retningslinjer vidareførte dei mangelen på fagleg grunngeving. For heller ikkje utbyggjar og ingeniørar evna å stilla fagbaserte krav til seg sjølv utover dei legale krava, og desse normative kreftene i bransjen vidareførte dermed *sanninga* i samsvar med det legale apparatet. Med dette som grunnlag kom ein til konklusjonen om at nytting av avfallsenergien til fjernvarme var det beste for energiutnyttinga. Derfor mista vedtaksgjerarane viktig informasjon til å sikra den beste samfunnsmessige utnyttinga av fellesskapet sine ressursar. *Sanninga* hadde vore annleis, og kunne endra konklusjonen, dersom termodynamikken sin andre lov og prinsippa rundt dette hadde utgjort grunnlaget. Les om termodynamikken sin andre lov i Appendiks 1.

Proessen med utforming av avfallsforbrennings- og fjernvarmeanlegget

Grunna vanskeleg- og utilgjengelege arkivdata for avgjersleproessen rundt val av utforming av avfallsforbrenningsanlegget, har eg valt å skildra denne delen ut frå tillatingane BIR fekk for drifta av anlegget, det uformelle intervjuet med BKK Varmer-sjef Øystein Haaland, personleg kommunikasjon med Toralf Igesund, Forvaltings- og utviklingssjef i BIR AS, og boka "Fra boss til bruk". Alternativa vart diskutert gjennomgåande på 1980-talet, som me har sett i føregåande del, og det er lite som tydar på at dei institusjonelle mekanismene endra seg signifikant inn mot utbygginga på 1990-talet. Følgjande tabell visar dei viktigaste milepælane i prosessen frå år 1980 fram til år 2010.

Tabell 3. Tidslinje for vedtak og hendingar vedrørande utbygginga av fjernvarme i Bergen.

År:	Hending eller vedtak:
1980	Odelstinget fremjar lov om at avfall skal sjåast på som ein ressurs.
1984	Rådgjevande ingeniørfirma konkluderar at direkte "produksjon" av varmtvatn til fjernvarme gjer den beste energiutnyttinga.
1990	BIR får utsleppstillating frå SFT til forbrenning av 90.000 tonn avfall per år i Rådalen avfallsforbrenningsanlegg.
1994	Avfallsforbrenning blir vedteke som løysing. BIR blir vedteke stifta.
1995	BIR søker utviding av tillatinga grunna aukande avfallsmengder. Søknaden blir innvilga av SFT, men Miljødepartementet set ned krav om minimum 50% energiutnytting.
1996	Bergen Interkommunale Renovasjonsselskap, BIR, blir etablert.
1997	10. oktober underteikna BIR kontrakt med det sveitsiske firmaet Von Roll som startar bygginga av Rådalen avfallsforbrenningsanlegg.
1999	BIR startar drifta av Rådalen avfallsforbrenningsanlegg
2000	BKK og BIR startar utbygginga av fjernvarmenettet inn mot Bergen sentrum gjennom det felles eigde selskapet BKK Varmer AS.
2007	Fylkesmannen gjer konsesjon om å dubla forbrenningskapasiteten frå 120.000 til 240.000 tonn per år.
2010	Utvidinga av Rådalen avfallsforbrenningsanlegg er ferdig.

I juli år 1990 fekk BIR tillating til å driva Rådalen avfallsforbrenningsanlegg (Statens Forurensingstilsyn 1995). Fram mot år 1995, då SFT reviderte tillatinga frå år 1990, planla BIR Avfallsenergi AS eit avfallsforbrenningsanlegg med energigjenvinning i form av elektrisitetsgenerering. Målet var ei energiutnytingsgrad på 30% av energien frå avfallet (Haaland 2014). Grunna auka avfallsmengder i perioden år 1990-1995 søkte BIR i år 1995 om utvida løyve, og fekk dette godkjent. I denne godkjenninga låg det til grunn eit krav om 50% energiutnytingsgrad innan 4 år etter driftstart, noko som slett ikkje var venta (Statens Forurensingstilsyn 1995). Kravet tvang fram endringar i planane for anlegget, og den politiske prosessen rundt dette bar preg av stor uvisse og sprikande syn på kva som var den beste løysinga. Bergens Tidene si vinkling av den politiske handsaminga frå året før er typisk for den politiske prosessen som heilskap, og danner ein raud tråd attende til sitatet frå Sluttrapporten til Samfunnsteknikk VBB A/S (1983, s.23): *”Magefølelse, ytre press og andre tilfeldigheter vil for mange veie tyngre enn fakta og saklig informasjon”* (Sæveraas 2000, s.107). Overordna sett kan ein seie at det institusjonelle biletet av dette var ein prosess der den kognitive *sanninga* var flytande ut frå dei normative kreftene som verka i ulike retningar, uttrykt ved politikk.

I korte trekk gjekk leiar og nestleiar i representantskapet i BIR av som følgjer av utsetjing av vedtak om kjøp av forbrenningsomn, før ein 10. oktober 1997 likevel underteikna ein endeleg avtale om bygging av anlegget. Tilknyting til fjernvarme var ein føresetnad for at løysinga skulle møta SFT sitt krav om 50% energiutnytting. Derfor engasjerte BIR BKK i utbygging av fjernvarme. Det tok tid å få BKK interesserte i dette, men då BIR kontakta ein svensk aktør om saka, kom BKK på banen, og saman danna dei selskapet BKK Varmer (Sæveraas 2000, s.114-124). Fjernvarmenettet, forsynt med termisk energi frå avfallsforbrenningsanlegget, kom i drift i år 2003. Utbygginga av dette røyrnettet tok til i år 2000, og ein jobbar med dette per 2014 (Haaland 2014). Kapasiteten til forbrenningsanlegget har sidan år 2007, etter godkjenning frå Fylkesmannen, vorte dobla; ei utbygging som stod ferdig i år 2010 (BIR 2014). Desse avgjerslene som har ført fram til dagens fjernvarmeanlegg i Bergen, er ei vidareføring av dei normative politiske kreftene som vart nemnt tidlegare i oppgåva. Mykje av uvissa i den politiske prosessen er vanskeleg å forklara. Likevel kan me sjå ho i samanheng med lovdanningsprosessen i tidleg fase då Energilovutvalet la dei første steinane som dagens løysingar eg tufta på. Mangelen på omsyn til termodynamikken sin andre lov sluttar sirkelen jamfør dette, og dermed har ein låst seg til dagens suboptimale anlegg, som nemnt i innleiinga av oppgåva. I dag fins det ingen lov, forskrift eller krav til energigjenvinning for

fjernvarmeanlegg i Noreg (Selfors 2014). Dagens praksis er ei vidareføring av NVE, som konsesjonsstyresmakt, og aktørane i fjernvarmebransjen sine tolkingar av *sanninga* om kva som er den beste tekniske løysinga for fjernvarme. Kravet frå SFT, no under Miljødirektoratet, om 50% energiutnytting gjeld for avfallsforbrenningsanlegg –ikkje fjernvarmeanlegg generelt. Fjernvarmeanlegget til BKK Varme, som bruker avfallsforbrenningsanlegg som energikjelde, er dermed den einaste typen anlegg som må oppfylle eit krav om energiutnytting. Som nemnt tidlegare i oppgåva er ei mogleg forklaring på dette økonomi og forskjellig inntektsgrunnlag for dei to ulike aktørane. Ein annan aktør som til dømes Eidselva Energi som nyttar biopelletts til brensel står heilt fritt jamfør utnytting av energien i sitt anlegg. Dette leiar oss attende til energikvalitetsomgrepet som me var inne på tidlegare; for dersom fjernvarmeprisen per kWh er lik elektrisitetsprisen, er det opp til den enkelte aktør å prioritera kva for ein av dei to ein skal produsera. Dermed blir valet enkelt sidan ein får fleire kWh levert ved fjernvarme enn kWh elektrisitet per kWh forbrenningsvarme, og ein samstundes slepp investeringa i dampturbinar. Dagens praksis godtek dette, og dei normative kreftene både i fjernvarmebransjen, konsesjonsstyresmaktene og politkarane aksepterar at det er slik. 1 kWh levert med ein bestemt kvalitet avgjer arbeidspotensialet til denne energimengda. Dette omsynet manglar i lovgjevinga, og blir ikkje vektlagt i dagens fjernvarmepraksis, noko som burde setjast fokus på og utbetrast for framtida.

Funna i denne delen heng tydeleg saman med funna frå tekststudien om lovverket: Referansar til termodynamiske lovar og prinsipp i lovverket samsvarar med vedtaksprosessen for utbygging av fjernvarme i Bergen. Dette gjorde at ei klar *sanning* for fjernvarmeutbygging ikkje var etablert. Mangelen på fagleg forankring førte derfor til mykje uvisse for vedtakstakarane. Bergens Tidene sitt sitat, sitert tidlegare i denne delen, gjer eit godt innblikk i dette. Kravet om 50% energiutnytting følgde opp mangelen, som nemnt, og nærmast tvang fram utbygging av fjernvarme som del av løysinga. Målet for energiutnytting er misvisande, og er for lågt. Dette er berre toppen av isfjellet for dagens fjernvarmebransje, der anlegg som ikkje er tilkopla avfallsforbrenningsanlegg ikkje har nokon krav til energiutnytting i det heile tatt. Ut frå dette skal me i neste del oppsummera og sjå funna i dei to føreliggjande delane opp mot kvarandre. Målet er å koma med ei forklaring av dagens praksis, samt peika på feil ved han og koma med forslag til løysingar for han.

6. Oppsummering og avsluttande diskusjon

Oppsummering

Tida då lovverket rundt fjernvarmeutbygging og –drift vart utforma, var prega av framtidig kraftmangel i Osloområdet. Alternativ vart vurderte og fjernvarme funne som det ”minst verste”. Mangelen på kunnskapen om dei tekniske løysingane for fjernvarmeanlegg gjorde utslag i spesifiseringa av lovgjevinga. Ei overordna formulering med stort spelerom for aktørane skulle minske hindera for ei snarleg utbygging som kunne dempa ei potensiell kraftkrise (Tandberg 2014). Føringane for ei *sanning* om korleis ein skulle byggja ut fjernvarme best mogleg, var diffuse, hadde ingen referansar til termodynamikk og gav dermed grobotn for ein normativ praksis for aktørane og konsesjonsstyresmaktene. Måla for at energi skulle handsamast ”*på en samfunnsmessig rasjonell måte*” og forståinga av *sanninga* vart dermed til ut frå eit mangelfullt grunnlag. Det å skulle setja føringar for fjernvarmebransjen som handsamar energi, ved lovverk og konsesjonsstyresmakter, utan referansar til termodynamikk er som å skulle driva naturforvalting utan referansar til biologi.

Energiutvalet kom inn på omgrepet ”energikvalitet” utan å ta det med vidare i lovverket. I følgje Tandberg (2014) spelte kraftmangelen inn på kor stramme retningslinjer ein ville setja. Her er det snakk om kognitive krefter som verka inn i form av ei felles forståing rundt kva ein ”måtte” prioritera. Kva for implikasjonar ein hjemmel i lovverket ville hatt for praksisen er vanskeleg å vita i detalj i ettertid. Likevel har avgjersla om å ikkje setja vidare krav til nytting av ulike energikvalitetar til bestemte føremål utan tvil hatt store ringverknader for vårt forhold til, og nyttiggjering av energi. Energiframleis er eit omgrep som framleis er ukjent for mange, og ein snakkar stadig om ”energiproduksjon” sjølv om termodynamikken sin første lov slår fast at energi verken kan oppstå eller forsvinna. Sjå kapittel om termodynamikken sin første lov i Appendiks 1.

Statistikken for år 2012 gjer eit innblikk i tala for dagens praksis, som viser at det ikkje blir teke omsyn til energikvalitet: 6851,5 GWh i form av brensel vart nytta til bruttoproduksjonen av fjernvarme; produksjon av varme til oppvarming av vatn/damp. Av dette utgjorde avfall 3621,3 GWh. Produksjonen resulterte i 5788 GWh vatn og damp, og Tabell 4. visar tala som følgjer for energibalansen:

Tabell 4. Energibalansen til den samla norske fjernvarmen i år 2012 (Statistisk Sentralbyrå 2014).

Bruttoproduksjon av varmt vatn og damp.	5788 GWh
Leverert til produksjon av elektrisitet.	392 GWh
Avkjølt mot luft.	674 GWh
Netto produksjon av fjernvarme.	4722 GWh
Tap i fordelingsnett.	500 GWh
Leverert til forbrukar.	4222 GWh

Tala i tabellen syner at berre 392 GWh, tilsvarande 6,8%, av bruttoproduksjonen av varmtvatn/damp vart levert til produksjon av elektrisitet. I følgje termodynamikken sine prinsipp skulle denne delen utgjort 100%. Deretter kunne spillvarmen frå denne prosessen blitt brukt til fjernvarmeføremål. Dette er kjernen i motsetjinga mellom dagens praksis og termodynamikken sine lovar; bransjen driv ut frå prioriteringar som ikkje er fagleg grunnfesta.

Med dagens kjennskap til termodynamikken sine lovar og prinsipp er det rart at me per år 2014 i Noreg har ei Energilov som framleis står så godt som uendra frå år 1990, framleis utan referansar til termodynamikk. For å forklara dette med institusjonelle mekanismar må ein sjå samanhengen mellom to av dei: Den kognitive *sanninga*, om kva som er den optimale løysinga er grunnlaget for normene som utartar seg i handlingar. Lovverket og konsesjonsstyresmakter som regulativ kraft jamfør fjernvarmebransjen har stått for rammene. Eit fagleg grunna lovverk er viktig for ei framtidig utvikling som går i riktig retning. Utan riktig grunnlag kjem den gode hensikta til kort. Ein kan seia at det i denne samanhengen ikkje er snakk om å gjera tinga rett, men å gjera dei rette tinga. I samtale med NVE (Selfors 2014) verka det som om oppfattinga av termodynamiske lovar er at dei finns, men at dei ikkje passar inn i røynda. Denne oppfattinga kan me kjenna att frå tidlegare delar av oppgåva der økonomiske omsyn var framtrudande. Kompleksiteten rundt prioriteringar for kva konsesjonsstyresmaktene burde vektlegga, må ikkje bagatelliserast. Omsyn til mange ting, som miljø, leveringstryggleik og samfunnsøkonomi er viktige og må takast på alvor. Likevel er ikkje dette ei unnskylding for å ikkje utnytta energien uavhengig av brensel. Marknadskrefter strekkjer ikkje til i denne samanhengen. Dersom ein ikkje har lovverk som regulerar og definerar spelereglar, vel marknadskreftene minste motstands veg for å tena mest

mogleg pengar. Momentet med at fjernvarmeprisen ikkje kan overstiga el-prisen, altså i praksis ein tilnærma lik pris for dei to, er uriktig jamfør omgrepet energikvalitet. Sjølv om Noreg er eit privilegert land når det kjem til vasskraftressursar, er det ingen grunn til at me skal sløsa bort energikvalitet som me kan nytta sjølve eller eksportera. Der ligg eit samfunnsansvar til det å optimalisera og nytta energiressursane på best mogleg vis. Dette er nedfelt i normene, og forpliktar fjernvarmeaktørane og styresmaktene til å vera gode forvaltarar. Referansepunktet for om ein har oppnådd dette ligg i oppfattinga av *sanninga*, og prioriteringane som følgjer med ho.

Dagens og morgondagens fjernvarmepraksis

Dagens fjernvarmepraksis har gode kvalitetar, som er eit resultat av medvitne målsetjingar over tid. I rapporten laga for NVE, om fjernvarmen si rolle i det norske energisystemet blir det lagt vekt på fjernvarmen sin rolle for forsyningstryggleik, utfasing av oljefyr og bygg med lågt energibehov (Norsk Energi & Therma Consulting Group 2014). Desse tre momenta er i og for seg viktige og gode, men ingen av dei står i opposisjon til tekniske løysingar der ein hadde teke omsyn til energikvalitetar. Forsyningstryggleik kunne ein oppnådd ved at fjernvarmeanlegga primært produserte elektrisitet, og dermed stod for lokal energigenerering. Utfasing av oljefyr kunne ein fått til gjennom at ein framleis hadde fjernvarmevatn, berre med ein lågare temperatur i fjernvarmekretsen. Dette kunne ein levert slik ein gjer i dag, med eit litt anna system, og til færre kundar. I tillegg kunne ein brukt straumen ein produserte til å driva varmepumper med ein god COP til erstatting for oljefyr, og i bygningar med lågt energibehov. For forklaring av COP, sjå Appendix 1. Døma som eg nemner her, er noko forenkla, men grunna mindre vektlegging på det tekniske i denne oppgåva blir dei ikkje vidare forklarte.

Anlegget som BKK Varme driv, er eit driftssikkert, brukarvenleg, økonomisk forsvarleg og energieffektivt anlegg jamfør dagens praksis. Miljøvinsten i form av luftkvalitet er eit spesielt godt resultat ein har oppnådd med utfasing av oljefyr i byggar og liknande. Med utbygginga av fjernvarme har ein fått færre punktutslepp, og mindre utslepp totalt, desentralisert ut av sentrale strøk i Bergen. Likesom eg nemnte over, er dette noko ein kunne oppnådd dersom anlegget var tilpassa optimal generering av energikvalitet.

Eit anna argument som blir sett fokus på av aktørane i fjernvarmebransjen, er fjernvarmen som fleksibelt energidistribusjonssystem. I prinsippet kan han bruka kva oppvarmingskjelde som helst. Energikjelder som er vanskelege å nytta til andre føremål kan enkelt brukast ved forbrenning, til å skapa varme. Her er me inne på termodynamiske prinsipp, nemleg

energikvalitet, som har vorte drøfta mykje rundt gjennom oppgåva. Varme er energi med låg kvalitet og med mindre arbeidspotensiale dess nærmare temperaturen hans er omgjevingstemperaturen. Likevel er det viktig å ta med at når noko blir brent, oppnår ein høg temperatur som har eit stort energipotensiale ved at til dømes damp kan dannast, og dermed elektrisitet genererast. Derfor verkar ikkje utnyttinga av den genererte energien frå vanskeleg utnytta energikjelder til å vera optimal i dagens praksis. Korleis ei optimal teknisk løysing kunne vore utforma i detalj, er ikkje innan rammene til denne oppgåva, men enkelte systemprinsipp bygd på termodynamikk kan nemnast. Desse døma er forenkla, og ville i praksis krevja meir eller mindre tilpassingar for dei fysiske systema. Derfor er det viktig å påpeika at dei ikkje nødvendigvis er perfekte løysingar, som representerar *sanninga* om fjernvarme reint teknisk:

- Høgare forbrenningstemperatur i avfallsforbrenningsomnen kunne auka arbeidspotensialet for energioverføringa til dampproduksjonen. Les meir om energikvalitet og delen om termodynamikken sin andre lov i Appendiks 1. for å forstå kva for forskjell forbrenningstemperaturen utgjer.
- Me tek utgangspunkt i eit fjernvarmeanlegg som nyttar energikjelda si primært til el-produksjon og deretter spillvarmen i fjernvarmekretsen. Då vil ein ha mindre energi, ved lågare temperatur i fjernvarmenettet, i sirkulasjon til potensielle kundar. Derfor vil ein vera tent med å byggja ut eit mindre røyrnett, som kan ha færre, men større kundar. Desse kan til dømes vera industriaktørar på eit industriområde. Dette var Naturvernforbundet inne på i si høyringsuttalinga for driftstillatinga frå SFT (1995).
- Med same føresetnadar som i sist punkt ville tapet ved varmeoverføring frå fjernvarmerøyra vera mindre dersom temperaturen var til dømes 70°C i staden for 120°C. For BKK Varme er dette tapet på 10-11% i fjernvarmenettet, ved ein temperatur på opp til 120°C ut frå avfallsforbrenningsanlegget (Haaland 2014).
- Prioritering av elektrisitetsgenerering vil minka tapet, i form av overflødig energi, i sommarhalvåret. Dersom plasseringa av fjernvarmenettet primært er på eit industriområde med industrikundar, vil sommarsvingingane dessutan vera minimale.

Ut frå dette kan ein slå fast at ei løysing med omsyn til andre lov si verknadsgrad og energikvalitet hadde prioritert annleis jamfør energikvalitet enn anlegga me har i dag gjer. Det vesentlege rundt *sanninga* er det ein legg til grunn for dei vala og prioriteringane ein gjer. Mange omsyn må takast for styresmakter for å sikra den beste forvaltinga av fellesskapet sine ressursar. For å kunne gjera dei rette prioriteringane må ein ha ei fagleg forankring i botn.

Gjennom oppgåva har me sett mangelen på referansar til termodynamiske lovar og prinsipp. Derfor er det nærliggjande å stilla spørsmål til korleis fjernvarmepraksisen har utvikla seg fram til det han er i dag, og kva som ville vore det optimale. Oppgåva har som mål å gje eit svar på det første, men også visa til termodynamikk for å skildra det teoretiske perfekte. Dei føreliggjande punkta er meinte som konkrete avspeglingar av dette. Forutan dette burde meir enn 6,8% av bruttoproduksjonen leverast til elektrisitetsproduksjon. Helst 100% dersom det let seg gjera i praksis. Elles burde ein byta ut målet for energinytting som ein brukar i dag, med andre lov si verknadsgrad. Slik kunne energikvalitet fått sin rettmessige plass i fjernvarmepraksisen, og danna ei klar *sanning* som bransjen kunne forholde seg til.

7. Avgrensingar for oppgåva og forslag til vidare forskning

Avgrensingar

Arbeidet med denne oppgåva har medført avgrensingar og gjeve erfaringar innan oppgåveskriving for komande høve. Langsiktig, god planlegging innanfor den avgrensa arbeidsperioden har utbetringspotensiale. Prioritering av tid kunne vore gjort annleis, slik at utvalde delar av oppgåva kunne vore utdjupa eller utvida. Til dømes kunne eg brukt mindre tid på arkivstudien i Casen som omhandla den tidlege fasen av vedtaksprosessen, og i staden gått meir i djupna på fasen før byggestart.

Telefonsamtalane og –intervjua som eg nytta meg av i analysearbeidet, er med på å danna grunnlaget for reliabiliteten og den interne validiteten til oppgåva. Mange av desse kjeldene er seniorar, i aldrar opp til 81 år. Derfor kan det på sikt vera vanskeleg å gjenskapa resultat frå oppgåva, i og med at kjeldene då ikkje lenger kan kontaktast.

Oppgåva inneheld berre dei mest relevante referansane til termodynamiske lovar og prinsipp. Dersom perioden for arbeid med oppgåva var lengre, ville det vore nærliggjande å utvida med meir termodynamikk inni oppgåva, samt å gjort utrekningar for å styrka argumenta som er brukt med referanse dertil. Dette ville forklart og formidla det termodynamiske i utgangspunktet for oppgåva og problemstillinga grundigare for lesaren. Eit døme på ei detaljert termodynamisk analyse av eit fjernvarmeanlegg er rapporten til Harneshaug og Solheimslid (2014). Den tek føre seg BIR sitt avfallsforrenningsanlegg med omsyn til både termodynamikken sin første og andre lov, med talfesta verknadsgrader.

Samfunnsansvaret til konsesjonsstyresmaktene og aktørane jamfør forvalting av fellesskapet sine ressursar gjer grunnlag for diskusjon rundt etikk. Prissetjinga av fjernvarme er også ein diskusjon som grensar mellom termodynamikk og etikk. Sjølv om dette ikkje blir teke vidare opp i denne oppgåva ville dette vera naturleg å ta med i ei eventuell utviding av oppgåva.

BKK Varme sitt fjernvarmeanlegg med tilknytning til BIR Avfallsvarme sitt avfallsforbrenningsanlegg er berre eitt døme på fjernvarmeanlegg. Oppgåva tek ikkje føre seg fjernvarmeanlegg med andre energikjelder og brensel, anna enn å nemna Eidselva Energi som nyttar biopellets. Dei termodynamiske lovane og prinsippa gjeld likt for alle typar anlegg, men vedtaksprosessen lagt til grunn for utbygginga ville vore annleis. Dette er interessant for oppgåva sidan konsesjonssøkeprosessen truleg ville vore forenkla frå den me har sett på for Bergen. Ved ein komparativ studie til ein annan vedtaksprosess kunne ein truleg gjort funn som kunne supplert og nyansert funna som er gjort i denne oppgåva.

Vidare forskning

Denne oppgåva talfestar ikkje tapa av energikvalitet i dagens fjernvarmepraksis. For at ein skal ta steg i riktig retning for norsk fjernvarme, trengs det funn som viser at prioriteringar for dette utgjer ein forskjell. Ved talfesta prov kunne ein tydeleggjort kva ulikt arbeidspotensiale for ulike energikvalitetar utgjer for energirekneskap og tilhøyrande økonomi. Gjennomføring av ein teknisk-økonomisk analyse av eit eksisterande fjernvarmeanlegg opp mot ei alternativ løysing bygd på termodynamiske prinsipp om bevaring av energikvalitet, kunne derfor vore til stor gagn. Resultat frå eit slikt arbeid kunne inngått i ein læringsprosess, der ein gjorde vurderingar av innhaldet om fjernvarme i Energiloven, og innlemming av termodynamikken sin første og andre lov.

Ettertanke

Gjennom arbeidet med oppgåva, der eg har sett på mange vedtak og avgjersler, viser vedtakstakarane uvisse, slik som Bergens Tidene skildrar. Aktørar, konsesjonsstyresmakter og politikarar har, som me også har sett i denne oppgåva, ofte lause rammeverk og lovverk å forholde seg til når det kjem til energihandsaming. Denne røynda går langt utover berre det som gjeld fjernvarme, og gjev rom for dårlege og mangelfulle avgjersler. Derfor er det vårt samfunnsansvar, som ingeniørar og teknologar, å påverka eller å vera dei som tek avgjersler om energi og teknologi. På den måten kan ein bidra til å definera *sanninga* for prioriteringane innan energipolitikken, og på den måten sikra optimale løysingar for framtida.

8. Konklusjon

Oppgåva har hatt som mål å svara på følgjande problemstilling:

Korleis kan dagens praksis for fjernvarmeanlegg forklarast ut frå føreliggjande lovdanning og bransjeutvikling, og i kva grad skuldast dette institusjonelle mekanismar eller mangel på fagkunnskap?

I tida då lovverket og fjernvarmebransjen vart til, rundt år 1980, var det som kjent stor uvisse knytt til fjernvarme som energidistribusjonssystem. Manglande prosjekteringskompetanse og fagkompetanse vart drege fram som hinder for den vidare utviklinga (Haukvik m.fl. 1981). NOU 1981:36 vart utforma som rammeverk for ei tiltrengt fjernvarmeutbygging i Oslo (Tandberg 2014). Utreiinga var utan referansar til termodynamiske lovar og prinsipp, og var første steg mot den lovgjevinga me har i dag, ved at ho danna grunnlag for fjernvarmedelen i Energiloven. Det er vanskeleg å slå fast kva fagkunnskap medlemmane i Energilovutvalet hadde til termodynamikk. Likevel er det indikasjonar som peikar i retning av at ein anten hadde liten kunnskap om dette, eller mangla medvit om kor grunnleggjande og viktig dette var i deira arbeid. Det er lite truleg at ein utelét termodynamikken sine lovar, dersom ein hadde kjennskap til dei, og samstundes visste kor avgjerande dei ville vera for utviklinga av bransjen. Det kan derfor konkluderast med at utgangspunktet for utforminga av fjernvarmebransjen var mangelfull i høve til det å danna ein energioptimal praksis. Verknadane av dette slo ut i bransjen ved institusjonelle mekanismar. Manglane i lovane, med den regulative funksjonen å setja ei retning for bransjen, forma ei kognitiv *sanning* om korleis fjernvarme best blir bygd ut. Dermed vart mangelen på referansar til dei termodynamiske lovane vidareførte. Dette kan ein heller ikkje i dag finna spor av i normgrunnlaget til fjernvarmeaktørane. Omgrepet ”energikvalitet” vart nemnt, men ikkje vidareført i energilovgjevinga. Dette er nøkkelomgrepet som burde vore brukt til å setja standarden for energigenereringa til fjernvarmeanlegg, men som i staden er ubrukt og neglisjert i dag. Sidan lovverket for fjernvarme står så godt som uendra frå då det tredde i kraft, har me ein praksis der aktørane gjer sitt beste jamfør dei krava NVE set til samfunnsøkonomisk lønsemd, avgrensa bruk av fossile energikjelder, CO₂ –utslepp, og forsyningstryggleik. Derfor har ikkje fjernvarmeanlegg krav til energiutnytting, og heller ikkje til optimal prioritering i produksjonen. Praksisen kan skildrast som at aktørane gjer ting rett, men dei gjer ikkje dei rette tinga, ut frå ein energifokusert synsvinkel. Den endelege konklusjonen for oppgåva er dermed at både mangel på fagkunnskap om termodynamiske lovar og institusjonelle krefter kan forklara at me har dagens praksis for fjernvarme slik han er i Noreg i dag.

9. Appendiks 1. Grunnleggjande teori for termodynamikk

Termodynamikken sin første lov

Forandring i indre energi, ΔU , for eit lukka system i ro er lik summen av arbeid, ΔW , som blir gjort på systemet og varmen, ΔQ , som blir tilført:

$$\Delta U = \Delta W + \Delta Q$$

Dette medfører at summen av energien i eit gitt lukka system alltid er konstant, noko som òg heng i hop med at det lukka systemet har konstant masse. Altså kan ikkje energi oppstå eller forsvinna, berre skifta form. Indre energi inkluderer alle former for energi i systemet, og som systemet har ut frå posisjon til referansenivå. Eit lukka system omfattast av det som er innanfor dei definerte systemgrensene. I motsetnad til eit ope system skjer det ingen former for overføring av masse med omgjevnadane til systemet (Çengel and Boles 2007, s.70-74).

Termisk verknadsgrad

Termisk verknadsgrad er gitt ved forholdet mellom netto arbeid ein får ut og det totale varmetilfanget inn i prosessen. Me tar utgangspunkt i ein varmekraftmaskin som jobbar syklisk mellom eit varmt og eit kaldt reservoar:

$$\eta_{th} = \frac{W_{net,out}}{Q_H} \text{ eller; } \eta_{th} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \text{ sidan; } W_{net,out} = Q_H - Q_C$$

Der $W_{net,out}$ er netto arbeid ut av varmekraftmaskinen, Q_H er det totale varmetilfanget til varmekraftmaskinen frå det varme reservoaret og Q_C er målet på varme som blir overført frå varmekraftmaskinen til det kalde reservoaret. Ut frå dette brukar me H for hot, og C for cold som indeks.

For eit fjernvarmeanlegg med forbrenningsomn, slik som avfallsforbrenningsanlegget til BIR i Bergen, vil Q_H representera forbrenningsenergien frå avfallet, og Q_C vera energien som blir overført til fjernvarmevatnet, samt varmeenergien som går over i atmosfæren ved utslepp ut av pipa. $W_{net,out}$ er det arbeidet avfallsenergien gjer på dampturbinane som produserer elektrisitet dersom ein nyttar all dampen til el-produksjon.

Termodynamikken sin andre lov

Kelvin-Planck-utsegnet om varmeoverføring er ein av grunnsteinane som underbyggjer termodynamikken sin andre lov:

”No process is possible whose sole result is the conversion of heat completely into work” (Zemansky 1966, s.914).

Denne setninga tek utgangspunkt i varmekraftmaskinen, og dannar grunnlag for teoremet til Carnot som me skal koma nærmare inn på når me forklarar Carnot-verknadsgrada. Ein dampturbin som produserer elektrisitet frå avfallsforbrenning, er døme på ein varmekraftmaskin sin arbeidsproduserande komponent, og derfor sentral i denne oppgåva.

Clausius sitt utsegn, med utgangspunkt i konseptet for varmepumpa, dannar grunnlag for ei anna formulering av termodynamikken sin andre lov:

“No process is possible whose sole result is the transfer of heat from a colder to a hotter body” (Çengel and Boles 2007, s.296).

Enklare forklart, så er det ikkje mogleg å overføre varmeenergi frå ein kald lekam til ein varm lekam utan å tilføra arbeid. Dersom det var mogleg, ville det vera mogleg å driva ei varmepumpe utan pumpearbeid, eller straumtilkopling.

Carnot-verknadsgrad

”No engine operating between two reservoirs can be more efficient than a Carnot engine operation between the same two reservoirs” (Zemansky 1966, s.914).

For ein varmekraftmaskin er Carnot-verknadsgrada definert ved:

$$\eta_{\text{Carnot}} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \quad \text{eller:} \quad \eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$

Formelen viser den maksimale effektiviteten ein kvar type varmekraftmaskin kan ha, som hentar varme frå eit varmt reservoar med konstant absoluttemperatur,¹ T_H , og leverer varme til eit kaldt reservoar med den konstante absoluttemperaturen, T_C . Carnot-varmekraftmaskinen omfattar ein total reversibel syklus, det vil seie ein prosess som òg kan gjerast motsett utan tap, og representerar eit teoretisk optimum av ein klassisk varmekraftmaskin. I røynda vil ein

¹ Absoluttemperatur betyr at Kelvin-skalaen må nyttast i utrekningar der T_H og T_C blir brukt. Temperaturverdiar gitte i °C gir feil resultat, sidan forholdet mellom Celcius-skalaen og Kelvin-skalaen er gitt ved: $T(K) = T(^{\circ}C) + 273,15$.

varmekraftmaskin alltid vera irreversibel, sidan faktorar som friksjon og varmeoverføring gjennom endelege temperaturdifferansar verkar i- og mellom systemet og omgjevingane. For fjernvarmen, og alle andre syklusar som nyttar termisk energi, vil det dermed alltid vera uønska varmeoverføring, oftast skildra som varmetap. Derfor har ein verkeleg syklus alltid lågare termisk verknadsgrad enn Carnot-varmekraftmaskinen (Çengel and Boles 2007, s.309-311).

Energieffektivitet ved kogenerering

Som nemnt i oppgåva er den optimale forma for fjernvarmeanlegg kogenereringsanlegg som produserar både elektrisitet, som netto arbeidsytning, W_{netto} , og brukar spillvarmen som kjelde for fjernvarme, Q_{fjern} . Spillvarmen går ikkje tapt til omgjevnadane, og er dermed ikkje rekna for å vera ein varmekraftmaskin. Derfor brukar ein utnyttingsgrada, ε_u , i staden for termisk verknadsgrad som mål for kor mykje av energien, Q_H , som blir gjenvunne i prosessen (Çengel and Boles 2007, s.593)

$$\varepsilon_u = \frac{(\text{netto arbeidsytelse}) + (\text{levert varme})}{\text{tilført varme}} = \frac{W_{\text{netto}} + Q_{\text{fjern}}}{Q_H}$$

Energikvalitet

Ut frå det me har vore gjennom så langt, ser me at ein kan nytta meir av energien i det høgtempererte reservoaret, med temperaturen T_H , dess høgare temperaturen er der. Derfor seier me at høgare temperatur i varmekjelda gjer ein overført varmemengde med høgare arbeidspotensiale, og dermed høgare energikvalitet. Størst mogleg temperaturdifferanse, ΔT , mellom T_H og T_C gjer høgast mogleg termisk verknadsgrad, men sidan T_C har ei nedre grense med temperaturen til omgjevingane til reservoaret, vil fokuset vera på å ha ein høgast mogleg temperatur, T_H (Çengel and Boles 2007, s.309-311). For eit forbrenningsanlegg vil det derfor vera ønskjeleg med ein høgast mogleg forbrenningstemperatur. Avgrensingane for han i praksis er materialavgrensingar i forbrenningsomnen og dampturbinen, samt til kva brenselet er.

Frå termodynamikken sin andre lov sitt hovudutsegn kan ikkje ei varmemengd omdannast fullstendig til nyttig arbeid. Arbeidspotensialet av varme er, som me no veit, avhengig av temperaturen han blir overført ved. Den høgaste effektiviteten omdanning av varme til nyttig arbeid, med omgjevnaden som varmesluk, er den ein Carnot-varmekraftmaskin kan ha. 100% kan ikkje oppnåast i praksis, og er som oftast mykje lågare. For 1 kWh fjernvarme levert ved 120°C er arbeidspotensialet berre 0,288 kWh, når omgjevnadstemperaturen er 7°C, som er

snittemperaturen i Bergen. Dermed kan me sei at fjernvarmen har under 30% av kvaliteten til same energimengda elektrisitet har. Energi som blir overført mekanisk eller elektrisk har høgare energikvalitet sidan han kan omdannast til ein annan form for nyttig utan nesten utan tap.

Andre lov si verknadsgrad

Verknadsgrada til termodynamikken sin andre lov, også kalla for eksergiverknadsgrad, kan uttrykkast som følgjande for varmekraftmaskinar, ved den termiske verknadsgrada, η_{th} , og Carnot-verknadsgrada, η_{Carnot} :

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{th}}{\eta_{Carnot}}$$

Sidan den termiske verknadsgrada, η_{th} , berre tek omsyn til varmeoverføringane, Q_H og Q_C , og ikkje til reservoartemperaturane, T_H og T_C , er ho i seg sjølv misvisande. Døme på dette er at me har to like varmekraftmaskinar som jobbar mellom kvart sitt varme og kalde reservoar. Forbrenningsoljen med sin forbrenningstemperatur tilsvarar høgtemperaturreservoaret med temperaturen T_H . Kuldemediet som tek i mot spillvatnet ut frå varmekraftmaskinane, varmeoverføringa til fjernvarmevatnet, og varmeoverføringa til omgjevnaden tilsvarar lågtemperaturreservoaret med temperatur T_C . Temperaturane for høgtemperaturreservoara, T_H , er høvesvis 500°C og 1000°C. Lågtemperaturreservoara har lik temperatur T_C , 7°C, som er ein sannsynleg snittemperatur for Bergen. Dei to varmekraftmaskinane har like store varmeoverføringar, Q_H og Q_C , og alle andre føresetnadar er elles like. Ut frå desse føresetnadane vil dei to varmekraftmaskinane ha lik termisk verknadsgrad, men vil vera ulik andre lova si verknadsgrad. Carnot-verknadsgrada er, for varmekraftmaskinane i tilfella med T_H lik 500°C og 1000°C, høvesvis om lag 64% og 78%. Går me ut frå at varmekraftmaskinane har ei termisk verknadsgrad på 30%, vil varmekraftmaskinane ha ei andre lov si verknadsgrad på høvesvis om lag 47% og 38,5%. Det betyr at varmekraftmaskinen med 500°C i varmekjelda har betre andre lov si verknadsgrad fordi han utnyttar temperaturforskjellen mellom varmekjelda og varmesluket betre enn den andre varmekraftmaskinen. Referansen til potensialet ut frå temperaturane T_H og T_C , er gitt ved Carnot-verknadsgrada, η_{Carnot} . I lys av teorien for energikvalitet dette oss derfor eit meir realistisk mål på nytteggjeringa av energien, uttrykt ved den andre lova si verknadsgrad, η_{II} . Målet for utnytingsgrada tek i likskap med den termiske verknadsgrada ikkje omsyn til reservoartemperaturane, T_H og T_C . Derfor er heller ikkje ho eit god mål på nytteggjeringa av energien, og burde erstattast av andre lov si verknadsgrad som standard for bransjen.

COP og arbeidspotensiale

Varmepumper og kuldemaskinar har som hovudføremål å frakta mellom eit reservoar med høg temperatur og eit med låg temperatur. Desse brukar effektkoeffisienten, Coefficient of performance, COP, som mål på deira effektivitet. I motsetnad til verknadsgradene og utnyttingsgraden me har sett på, som ikkje kan vera større enn 1,0, eller 100%, har ikkje effektkoeffisienten ei slik grense. For ei varmpumpe er formelen for COP som følgjer:

$$COP_{HP} = \frac{Q_H}{W_{net,in}},$$

der Q_H er ønska termisk energi ut frå varmpumpa, medan $W_{net,in}$ er netto arbeid som trengs inn i prosessen:

$$W_{net,in} = Q_H - Q_C$$

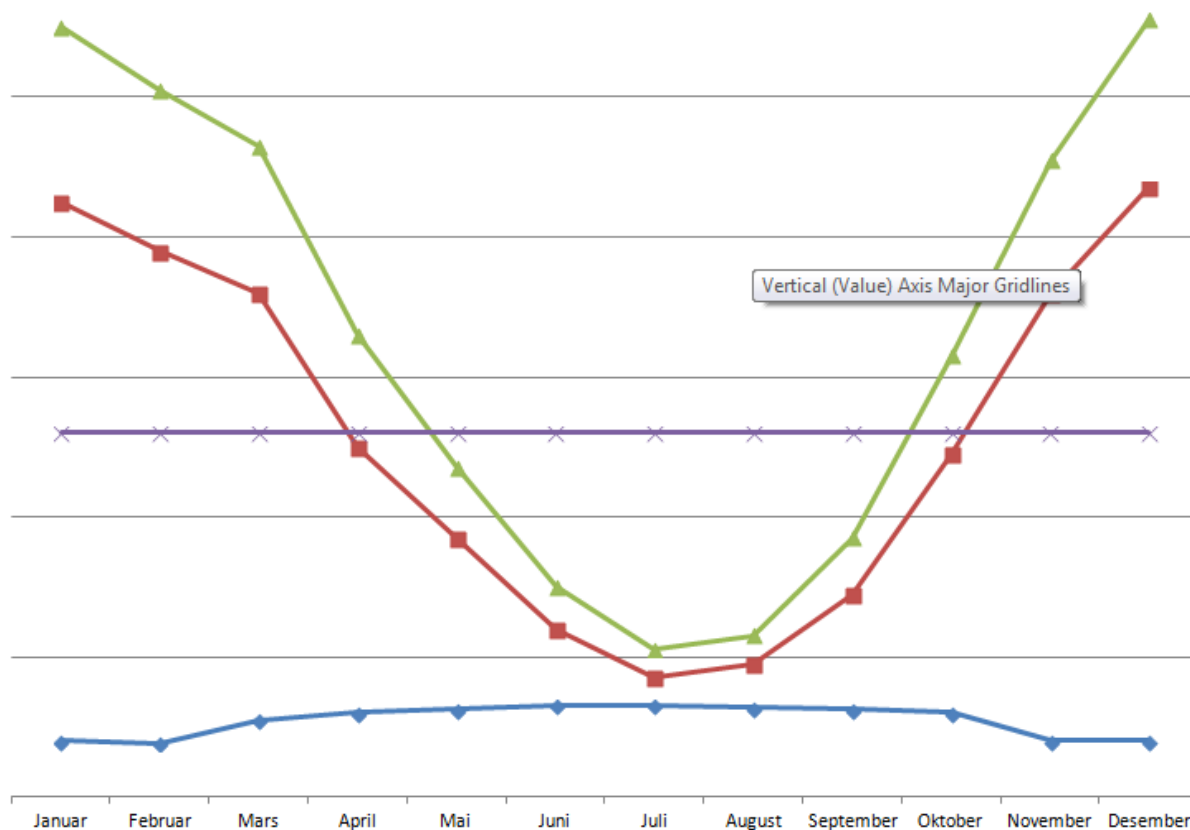
Derfor kan COP_{HP} skrivast som følgjande: $COP_{HP} = \frac{1}{1 - Q_C/Q_H}$ og for ein reversibel prosess:

$$COP_{HP,rev} = \frac{1}{1 - T_C/T_H}$$

I eksempel 8-5 i boka "Thermodynamics" (Çengel and Boles 2007, s.441) kan ein ved enkel utrekning visa at effektkoeffisienten er mykje høgare ved bruk av varmpumper enn ved direktebruk. Ved ein temperaturdifferanse på 22 K, som i dømet, er den reversible effektfaktoren 13,6. Dette er ikkje mogleg i praksis, sidan ingen verkelege prosessar er reversible, men det gjer ein indikasjon på at generering av elektrisitet alltid bør vera førsteprioritet. Forbrukerrådet sin omfattande varmpumpetest har fastsett årsvarmefaktoren til ulike varmpumper til 1,8-4. Årsvarmefaktoren i undersøkinga er ein verdi som avspeglar den faktiske ytinga gjennom eit år basert på norske vêrtilhøve (Forbrukerrådet 2013). Konklusjonen er derfor at varmpumper i realiteten inntil firedobla oppvarmingspotensiale av 1 kWh elektrisk energi mellom varmekjelda og ønska temperatur i eit bygg, ved norske vêrtilhøve.

10. Appendiks 2. Kurve for energibalansen gjennom år 2013 for BKK

Varme



Figur 4. Skisse av energibalansen basert på BKK Varme sine tal for år 2013 (Haaland 2014).

Tabell 5. Forklaring av kurvene i Figur 4.

Lilla kurve	Fjernvarmevatn generert frå avfallsforbrenningsanlegget.
Grøn kurve	Estimert fjernvarmeleveranse til kundar i år 2024.
Raud kurve	Fjernvarme levert til kundar i år 2013.
Blå kurve	Elektrisitet generert frå avfallsforbrenningsanlegget.

11. Kjeldeliste

Berger, P. L. and H. Kellner (1981). Sociology reinterpreted: an essay on method and vocation. Garden City, N.Y., Anchor Press.

BIR (2014). "Energianlegget i Rådalen." Retrieved 15.05, 2014, from <http://www.bir.no/biravfallsbehandling/Sider/Startside.aspx>.

Çengel, Y. A. and M. A. Boles (2007). Thermodynamics: an engineering approach. Boston, McGraw-Hill.

DiMaggio, P. J. and W. W. Powell (1991). The New institutionalism in organizational analysis. Chicago, University of Chicago Press.

Easterby-Smith et al., M. (2012). Management Research. London, Sage Publications Ltd.

Euroheat & power (2012). "DHC & Statistics." Retrieved 15.05, 2014, from <http://www.euroheat.org/Comparison-164.aspx>.

Fjernvarme, N. (2014). "Fakta." Retrieved 01.05, 2014, from <http://www.fjernvarme.no/index.php?pageID=115&openLevel=33>.

Forbrukerrådet (2013). "Den store varmepumpeguiden." Retrieved 05.05, 2014, from <http://www.forbrukerradet.no/annet/tester-og-kj%C3%B8petips/produkter/attachment/1134181?ts=139af9d3488>.

Grønmo, S. (2004). Samfunnsvitenskaplige metoder. Bergen, Fagbokforlaget.

Haaland, Ø. (2014). Fjernvarme i Bergen. Bergen. Ved personleg kommunikasjon 22.01.14.

Harneshaug, H. K., Solheimslid, Tore (2014). Beregning av andre-lovs-virkningsgrad ved energigjenvinning fra avfallsforbrenning. Bergen, Høgskolen i Bergen.

Haukvik m.fl., O. (1981). Norges offentlige utredninger 1981:36, Fjernvarmeanlegg, lov om bygging og drift. Olje- og energidepartementet, Energilovutvalget.

Heclo, H. (2008). On thinking institutionally. Boulder, Colorado, Paradigm Publishers.

Noreg (1989). Lov om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (Energiloven). Oslo, Odelstinget.

Norsk Energi & Therma Consulting Group (2014). Fjernvarmens rolle i den norske energisystemet, Norges vassdrags- og energidirektorat.

Ringvold, B. (2014). Miljødirektoratet, som konsesjonsstyresmakt, sitt forhold til energiutnytting Trondheim/Bergen. Ved personleg kommunikasjon 23.04.14.

Samfunnsteknikk VBB A/S (1983). Forstudie: Framtidig avfallsbehandling i Bergen, Sluttrapport. Bergen.

Samfunnsteknikk VBB A/S (1983). Forstudie: Framtidig avfallsbehandling i Bergen, vedlegg 1. Bergen.

Samfunnsteknikk VBB A/S (1984). Energiplanen og lønnsomhetsberegning av forbrenningsalternativet. Bergen.

Samfunnsteknikk VBB A/S & A/S Hafslund (1984). Forbrenning av avfall i Bergen – Prosjektbistand. Bergen.

Scott, W. R. (2013). Institutions and organizations: ideas, interests, and identities. Thousand Oaks, California, Sage.

Selfors, A. (2014). Konsesjonsstyresmaktene si rolle i utviklinga av utbyggingspraksisen for fjernvarme. Oslo/Bergen. Ved personleg kommunikasjon 16.04.14.

Shweder, R. A. and R. A. LeVine (1984). Culture theory: essays on mind, self, and emotion. Cambridge, Cambridge University Press.

Statens Forurensingstilsyn, S. (1995). Avfallsforbrenningsanlegg - Bergensområdets Interkommunale Renovasjonsselskap. S. Forurensingstilsyn, Statens Forurensingstilsyn.

Statistisk Sentralbyrå (2014). "Fjernvarme, 2012." Retrieved 02.05, 2014, from <http://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/fjernvarme/aar/2013-10-28?fane=tabell#content>.

Sæveraas, S. (2000). Fra boss til bruk. Bergen, BIR AS.

Tandberg, E. (2014). Energilovutvalget sin jobb i lovdanningsprosessen. Oslo/Bergen. Ved personleg kommunikasjon 02.04.14 og 04.04.14.

Yin, R. K. (2009). Case Study Research, design and methods. Thousand oaks, California, Sage Inc.

Zemansky, M. W. (1966). "Kelvin and Caratheodory -A Reconciliation." American Journal of Physics 34: s.914.